



EESTI MAAÜLIKOOL

Tehnikainstituut

Karin Proovel

**ENERGIAKASUTUSE ERIPÄRAD VÄIKESE
MAHLA TOOTMISE TEEVÕTTE ELEKTERVALGUSTUSE
NÄITEL**

FEATURES OF ENERGY USE IN THE EXAMPLE OF
ELECTRICITY LIGHTING OF A SMALL JUICE PRODUCTION
PLANT

Bakalaureusetöö

Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendajad: professor Andres Annuk, *PhD*

lektor Jaak Jõgi, *MSc*

Tartu 2021

LÜHIKOKKUVÕTE

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Karin Proovel		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Energiakasutuse eripärad väikese mahlatootmisettevõtte elektervalgustuse näitel			
Lehekülgi: 56	Jooniseid: 33	Tabeleid: 11	Lisasid: 5
Osakond / Õppetool: Energiakasutuse õppetool ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 4. Loodusteadused ja tehnika 4.17 Energeetikaalased uuringud T140 Energeetika Juhendaja(d): Andres Annuk, <i>PhD</i> ; Jaak Jõgi, <i>MSc</i> Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2021			
<p>Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on luua valguslahendus hetkel ehitamisel olevale mahlatootmishoonele ning tuua välja selle energiavajadus. Mahlatootmine kuulub toiduainetööstuse valdkonda ja see seab piiranguid nii ruumidele, seadmetele kui ka valgustuse planeerimisele. Töö käigus antakse ülevaade võimalikest eripäradest ja kirjeldatakse lahti mahla tootmise protsess. Antakse ülevaade hoone olemusest, ruumide sihtotstarbest, planeeritavast küttelahendusest, ventilatsioonist ning jahutusest. Ruumide valgustamise lahenduse koostamisel on aluseks võetud hoone põhiplaan, mis on leitav töö lisast. Ruumide kaupa tuuakse välja valguslahendus ning valitud valgustid. Valgustiheduse väärtused on arvutatud DIALux evo programmiga ja vastavalt ruumide sihtotstarbele vajalikud keskmised valgustiheduse väärtused on võetud standarditest: Valgus ja valgustus, (2011). Töökohavalgustus. Osa 1: Sisetöökohad: Eesti standard EVS-EN 12464-1:2011. Valgustite spetsifikatsioonid on ära toodud töö lõpus olevas lisas. Lisaks on koostatud elektervalgustuse skeem ning valgustite asendiplaan. Veel on välja toodud valgustite orienteeruv hinnakalkulatsioon ja valgustite koguvõimsus. Tulemusena on tehtud kolmele ruumile kohapeal valgustiheduse mõõtmised ning võrreldud saadud tulemusi DIALux evo arvutuste põhjal saadud tulemustega.</p>			
Märksõnad: valgusti, valgustihedus, energiatarve, mahla tootmine, toiduainetööstus			

ABSTRACT

Estonian University of Life Sciences		Abstract of Bachelor's Thesis	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Author: Karin Proovel		Curriculum: Engineering	
Title: Features of Energy Use in the Example of Electricity Lighting of a Small Juice Production Plant			
Pages: 56	Figures: 33	Tables: 11	Appendixes: 5
Department / Chair: Chair of Energy Application Engineering Field of research and (CERC S) code: 4. Natural Sciences and Engineering 4.17. Energetic Research T140 Energy research Supervisors: Andres Annuk, <i>PhD</i> ; Jaak Jõgi, <i>MSc</i> Place and date: Tartu 2021			
<p>This bachelor's thesis aims to create a lighting solution for the juice production building currently under construction and point out its energy needs. The fact that juice production is part of the food industry places restrictions on-premises, equipment and lighting planning. This thesis is given an overview of possible specifics; also, the juice production process itself is described. Descriptions of the layout of the building, the purpose of the premises, planned heating solution, ventilation and cooling are given. The lighting solution is based on the master plan of the building, which can be found in the appendix at the end of this thesis. The lighting solution and selected lamps are presented separately for every room. According to the room's purpose, the luminance values are calculated with the "DIALux evo "program, and the average luminance values required, according to the purpose of the room, are taken from the standard: <i>Valgus ja valgustus. (2011). Töökohavalgustus. Osa 1: Sisetöökohad: Eesti standard EVS-EN 12464-1:2011</i> [Light and lighting (2011) Workplace lighting. Part 1: Internal workplaces: Estonian standard EVS-EN 12464-1:2011]. The specifications of the lamps are given at the end of the thesis in the appendix. In addition, an electric wiring schema and a lamp position plan have been compiled. Indicative price calculation of lamps and total light output power are also presented. For example, illuminance measurements were made on-site in three rooms, and the results were compared with those obtained from "DIALux evo "program calculations.</p>			
Keywords: lamps, illuminance, energy consumption, juice production, food industry			

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

a	–	<i>year</i> , aasta
$\bar{E}_m (lx)$	–	<i>luminance</i> , valgustiheduse hooldeväärtus
H	–	<i>hour</i> , tund
IP	–	<i>IP code, International Protection</i> , tahkete osade ja vee taluvus
IK	–	<i>IK code, International mechanical protection</i> , mehaanilise kokkupõrke taluvus
k	–	<i>utilization rate</i> , kasutusaste
LED	–	<i>light emitting diode</i> , valgust eraldav diod
Lm	–	<i>luminous flux</i> , valgusvoo ühik lumen
Lx	–	<i>illuminance</i> , valgustiheduse ühik luks
P	–	<i>heat release</i> , soojuseraldus W/m^2
Q	–	<i>annual heat release of lighting or equipment or people</i> , valgustuse või seadmete või inimeste aastane soojuseraldus $kW \cdot h/(m^2 \cdot a)$
$R_a (-)$	–	<i>color rendering index</i> , vähimalt nõutav värviesitusindeks
R_{GL}	–	<i>glare factor</i> , räigusteguri enam lubatavad väärtused
T_{CP}	–	<i>correlated color temperature</i> , lähim värvsustemperatuur K (kelvin)
T_k	–	<i>piece</i> , tükk
t_d	–	<i>use of the building</i> , hoone kasutustundide arv ööpäevas h
t_w	–	<i>use of the building</i> , hoone kasutuspäevade arv nädalas d
UGR_L	–	<i>Unified Glare Rating</i> , ühtse räigusteguri enimalt lubatavad väärtused
$U_0 (-)$	–	<i>Uniformity of luminance</i> , valgustiheduse vähimalt nõutav ühtlus

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	7
1. MÕISTED	9
2. ÜLEVAADE SEADUSANDLUSEST	10
2.1 Nõuded toiduainete tootmisele.....	10
2.2 Nõuded valgustusele	13
3. MAHLA VILLIMINE.....	20
3.1. Mahla villimise protsess.....	20
3.2. Mahla villimise seadmed.....	21
4. TOOTMISHOONE ISELOOMUSTUS.....	23
4.1 Üldiseloostus	23
4.2 Ruumide sihtotstarve.....	24
4.3 Küte.....	25
4.4 Ventilatsioon	26
4.5 Jahutus.....	27
5. TOOTMISHOONE VALGUSTUS	28
5.1 Tootmisruum 1	28
5.2 Tootmisruum 2	30
5.3 Külmaruum	32
5.4 Jaheruum	33
5.5 Koridor	35
5.6 WC	35
5.7 Tööruum.....	37
5.8 Duširuum.....	38
5.9 Riietusruum	40
5.10 Kontor	41
5.11 Välisvalgustus	43
5.12 Fassaadivalgustus	44
5.13 Avariivalgustus	45
5.14 Hinnakalkulatsioon.....	45
5.15 Elektervalgustuse energiatarve.....	46
6. TULEMUSED.....	48
6.1 Mõõtmistulemused.....	48

6.2 Arengusuunad	53
KOKKUVÕTE.....	54
KASUTATUD KIRJANDUS	55
LISAD	57
LISA 1. Mahlatootmishoone põhiplaan	58
LISA 2. Valgustite asendiplaan.....	60
LISA 3. Elektervalgustuse skeem	62
LISA 4. Töös kasutatud valgustite spetsifikatsioonid	64
LISA 5. Lihtlitsents	74

SISSEJUHATUS

Mahlatootmine kuulub toiduainetööstuse valdkonda ning see seab omapoolsed nõuded kasutatavatele seadmetele ning hoone ja ruumi planeerimisele. Valguslahenduse koostamiseks ning sobilike seadmete valikuks on vaja järgida erinevaid seadusi, määrusi ja standardeid. Töö teostamisel on lähtutud järgnevatest dokumentidest:

- Valgus ja valgustus. (2011). Töökohavalgustus. Osa 1: Sisetöökohad: Eesti standard EVS-EN 12464-1:2011.
- Valgus ja valgustus. (2014). Töökohavalgustus. Osa 2: Välistöökohad: Eesti standard EVS-EN 12464-2:2014.
- Valgus ja valgustus. (2018). Valgustussüsteemide projekteerimisprotsess: Eesti standard CEN/TS 17165:2018.
- Ehitusprojekt (2017): Eesti standard EVS 932:2017.
- Evakuatsiooni hädavalgustussüsteemid (2005): Eesti standard EVS-EN 50172:2005.
- Toiduohutuse eeltingimusprogrammid (2009). Osa 1: Toidu tootmine: Eesti standard ISO/TS 22002-1:2009.
- Eesti Vabariigi Valitsuse määrus 14.06.2007 nr 176, töökohale esitatavad töötervishoiu ja tööohutuse nõuded.
- Eesti riigikogu seadus 16.06.1999, töötervishoiu ja tööohutuse seadus
- Eesti riigikogu seadus 25.02.1999, toiduseadus
- Euroopa parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 853/2004, 29.04.2004, toiduainete hügieeni kohta.
- Eesti põllumajandusministri määrus 28.11.2014 nr 114, külmutatud toidu käitlemise ja toidualase teabe esitamise nõuded
- Põllumajandus- ja Toiduamet, ettevõtte enesekontrolli plaan
- Eesti riigikogu seadus 11.02.2015, ehitusseadustik

Antud töö eesmärk on luua mahlatootmishoonele valguslahendus ning anda ülevaade energiavajadusest väikeettevõttes. Valguslahendus peab toetama töötaja tahet tööd teha ning jõudlust. Lisaks ei tohi valguslahendus tekitada liigset stressi. Valgustiheduse määramisel

tuleb järgida ruumide sihtotstarvet, valgus tekitatakse inimese tegevuste toetamiseks mitte masinate tarbeks.

Töö koosneb kuuest osast. Kõigepealt on selgitatud lahti töö koostamisel kasutatud mõisted. Teises peatükis antakse ülevaade toiduainete töötlemist puudutavatest eripäradest. Kolmas peatükk kirjeldab lahti mahla tootmise protsessi. Neljandas peatükis on selgitatud hoone olemust ning planeeritavat küttesüsteemi, ventilatsiooni ning jahutust. Viiendas peatükis on teostatud hoonele valguslahendus ja toodud välja valgustite koguvõimsus ning eeldatav hinnakalkulatsioon. Kuues osa käsitleb mõõtmistulemusi, mis on teostatud objektil kolmes ruumis. Hoone on alles ehitamisel ning toimub valgustite paigaldamine. Tootmisruumides ja jaheruumis on valgustid paigaldatud ja saab teostada valgustiheduse mõõtmisi. Saadud tulemusi on võrreldud DIALux evo programmis teostatud valgustiheduse arvutustega.

Valguslahenduse koostamisel on aluseks võetud tootmishoone põhiplaan, mis on koostatud Tandem Inseneribüroo poolt.

Töö koostamisel on kasutatud DIALux evo 9.2 programmi, Microsoft Office Word tekstiredaktorit, Microsoft Office Excel tabelarvutusprogrammi, AutoCad joonestusprogrammi ning valgustiheduse mõõtmiseks luksmeetrit PeakTech 5086.

1. MÕISTED

Valgustihedus - pinnaelemendile langev valgusvoog pinnaühiku kohta. Seda mõõdetakse luksides (lx). $1\text{lx} = 1\text{ lm/m}^2$. Valgustihedus sõltub valgusallika kaugusest valgustatavast pinnast [1].

Valgusvoog - iseloomustab lambi kiirgusvoo valguslikku toimet, see tähendab kui palju valgust antud lambist välja tuleb. Ühikuks on lumen (lm). Lambi valgusvoog sõltub lambi liigist, võimsusest, valgusviljakusest ja pingest [1].

Valgusviljakus - lambi valgusvoo ja lambi poolt tarbitava võimsuse suhe. Ühikuks on lumen vati kohta (lm/W) [1].

2. ÜLEVAADE SEADUSANDLUSEST

2.1 Nõuded toiduainete tootmisele

Toidu käitlemisel on väga oluline, et ruumid ning ruumide planeering võimaldaks ohutult toitu toota. Seda reguleerib Euroopa parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 853/2004. Määrusega fikseeritud nõuetele vastavust kontrollib Eesti Vabariigis Põllumajandus- ja Toiduamet.

Hooned ja ruumid peavad olema puhtad ning heas seisukorras. Hoonete planeering, projektlahendus peab võimaldama [2]:

- piisavat hooldamist, puhastamist ja/või desinfitseerimist;
- piisavat töötamisruumi;
- mustuse kogunemist vältida;
- võõrkehade toidu sisse mitte sattumist;
- vältida kondensatsioonivee või hallituse teket;
- heade toiduhügieeni tavade kasutamist;
- kaitsta toiduainete ristsaastumise eest.

Ruumide projekteerimisel tuleks arvestada eritingimustega, mis tulenevad toidu käitlemisest. Oluline on valida sobivad materjalid, mis peavad olema pestavad ning korrosioonikindlad. Vastavalt tootmistegevusele peavad materjalid olema väga vastupidavad. Näiteks mahlatootmisel võib hapu tooraine söövitada pöranda materjali. Lisaks peab olema tagatud pörandate libisemiskindlus, et vältida töötaja elu ohtu seadmist, sest töötatakse liikuvate seadmetega. Täpsemalt peavad olema tagatud järgmised tingimused [2]:

- pörandapinnad peavad olema kergesti puhastatavad ja vajaduse korral desinfitseeritavad. Materjalidena tuleb kasutada veekindlat, mitteimavat, pestavat ja mittetoksilist materjali.

- ka seinapinnad peavad olema sarnaselt põrandapindadele kergesti puhastatavad ja vajaduse korral desinfitseeritavad. Selleks peab seina pind olema sile asjakohase kõrguseni sõltuvalt toimingutest.
- lagi ja laealune armatuur peab võimaldama vältida mustuse kogunemist, hallituse kasvu, kondensatsioonivee teket ning võõrosakeste pudenemist toidu sisse.
- akende projekteerimisel/ehitamisel tuleks vältida mustuse kogunemise võimalust. Tootmise ajal tuleks aknad hoida suletuna kui avatud aknad võivad põhjustada saastumist.
- ukSED peavad olema kergesti puhastatavad ning desinfitseeritavad. Kasutada tuleks mitteimava pinnaga ja siledat materjali.
- pinnad, eriti need mis võivad toiduga kokku puutuda peavad olema puhtad ja neid peab olema võimalik desinfitseerida. Sellest lähtuvalt tuleb kasutada korrosioonikindlat, siledat ja pestavat materjali.
- tagatud peavad olema puhastusvahendid seadmete puhastamiseks ning desinfitseerimiseks. Käitlemisvahendid peavad olema korrosioonikindlast materjalist.
- ventilatsioonisüsteemid tuleb projekteerida nii, et õhk ei saaks liikuda saastunud aladelt puhastele. Ventilatsioonisüsteemidele peab olema tagatud juurdepääs hoolduseks ja puhastuseks.
- ruumides peab olema tagatud piisav valgustus, kas siis loomulik või tehisk.
- eritemperatuuriga ruumid (nt külmakamber) peavad võimaldama toiduainete hoidmiseks piisava jahutusvõimsusega hoiutingimusi.
- töötajatele tuleb luua vajaduse korral võimalus riideid vahetada, seda siis riietusruumide tagamisega.

Tootmiseks kasutatakse seadmeid. Seadmete kasutamine peab olema töötajale selgitatud ning ohutu. Need peavad paiknema ruumis nii, et neile on lihtne ligi pääseda, neid saab vajadusel hooldada ning kindlasti ka puhastada. Toiduga kokku puutuda võivad seadmed peavad olema [2]:

- piisava sagedusega tõhusalt puhastatud ning desinfitseeritud. Sellega on võimalik vältida toidu saastumise riski.
- sellistest materjalidest ja piisavalt heas seisukorras, et ei toimuks toidu saastumine.

- paigaldatud nii, et saaks seadmeid ning ka seadmete ümbrust puhastada. Sellisest materjalist, mis võimaldaks neid puhtana hoida või siis vajadusel desinfitseerida.

Hea hügieenitava toob välja veel mõned soovitusel aga mitte kohustused territooriumi ja hoone planeerimise ning ruumide sisustamise kohta [3]:

- tootmishoone ehitusel peaks lähtuma sellest, et kindlustada kuluefektiivne ning hügieeniline toidutootmine;
- asukoht peaks olema selline kus pole ülejutusi ja kokkupuuteid ohtlike kemikaalidega;
- territooriumil ei tohi ladustada vanu seadmeid, mis pole antud tootmistegevusega seotud;
- teekate peaks olema tugev ning tolmuva;
- hoone peab olema ehitatud nii, et sinna ei saaks närilised sisse pääseda;
- tööetapid tuleks tekitada suunaga toorainest alates valmistoote suunas;
- töötajate hügieeniks ja töövahendite pesemiseks tuleb paigaldada sooja ning külma veega varustatud valamuid;
- tuleb tagada vesiloputusega tualett;
- tuleb tagada piisavalt suured ning piisava võimsusega külmlaod (vastavalt tootmise mahule);
- valgustite osas on soovitatav kasutada valgustitekatteid, et lambi purunemisel ei satuks killud tootesse;
- tootmise ajal tuleks hoida tootmisruumide ukSED kinni vältimaks õhu kaudu levivat saastet.

Toiduainetööstused minimeerivad olukordi, mis võivad ohustada inimeste tervist. Vastavalt Põllumajandus- ja Toiduameti ettevõtte enesekontrolli plaanile võib toidu tootmisel esineda kolme tüüpi ohtusid [4]:

- bioloogilised- makrobioloogilised, nendeks võivad olla parasiidid, kahjurid- närilised ja kahjurputukad. Mikrobioloogilised võivad olla toidu riknemise tagajärjel toidutekkelise haiguste põhjustajateks. Selle võivad põhjustada töötaja pesemata käed, valedes tingimustes toidu säilitamine või ebapiisav kuumtöötlemine.
- füüsikalised- võõresemed satuvad toidu sisse (juuksekarvad, ehted, närilised, plaastrid, metallosised seadmetelt, klaasikillud jne).
- keemilised- erinevad puhastusainete jäägid.

Mahlatootmishoone valguslahenduse teostamisel tuleks minimeerida füüsilisi ohte ja tagada piisavad võimalused seadmete korrapäraseks hoolduseks ning puhastamiseks.

Eelpool kirjeldatud ohud võivad olla tingitud järgnevatest asjaoludest [4]:

- inimestest – puuduvad vajalikud teadmised jne;
- meetoditest – valed toimingud, tööde järjekord;
- seadmetest – vanad või pole piisavalt puhtad;
- toorainest – riknenud;
- keskkonnast – vähene ventilatsioon.

Nendest asjaoludest lähtudes on oluline kindlasti luua toimiv koolitussüsteem uute töötajate tööle võtmisel. Tagada ohutu ja töö tegemist toetav keskkond. Toiduainetööstuses on oluline, et kasutatavad seadmed oleksid korrosioonikindlad (ei tohiks roostetada), oleksid kergesti puhastatavad ning kindlasti peaksid sobima antud keskkonda (märg, niiske keskkond). Lagi ja laealune armatuur peab olema konstruktsioonilt selline, et vähendada mustuse ja kondensaadi kogunemist. Seadmed tuleb paigutada selliselt, et oleks igalt poolt vaba juurdepääs töötamiseks, puhastamiseks ning hooldamiseks. Soovitav on ümardada seinte ja põranda ühenduskohad toidu töötlemise alas, et hõlbustada ruumi puhastamist. Valgustus peab võimaldama töötajatel hügieeniliselt töötada.

2.2 Nõuded valgustusele

Kvaliteetselt planeeritud ning ehitatud sisevalgustus soodustab paremat töö kvaliteeti ega tekita töötajais liigset stressi. Hea valgustuskeskkonna saavutamiseks tuleb arvestada soovituslikule valgustustihedusele lisaks inimese vajadustega, sest inimese silm on tundlik kogu vaatevälja jääva heledusjaotuse suhtes. Mida suuremad on kontrastid, seda keerulisem on inimesel tööle keskenduda ning silmadel kohaneda. Lisaks nägemisvõime tagamisele tuleks tagada ka ohutus ning nägemismugavus [1].

Valguskeskkonna kvaliteeti mõjutavad tegurid on [1]:

- räägus;
- valgustihedus;

- lampide värviesitusvõime;
- lampide värvsustemperatuur;
- värelev valgus;
- heledusjaotus;
- päevavalgus.

Nõuetekohane ja sobiv valgustus aitab kaasa inimestel nägemisülesandeid täita tõhusalt ja täpselt. Valgus mõjutab inimeste meeleolu, emotsioone ja tähelepanuvõimet. Nõutav nähtavustase ja nägemismugavus eri töökohtades sõltub töö liigist ja kestusest. Nõuded valgustusele on määratud inimese kolme põhilise vajadusega rahuldamisega [5]:

- nägemisvõime, nägemisülesannete sooritamine pika aja jooksul ning keerulistes tingimustes;
- nägemismugavus, väljendub töötajate heaolutundes ning kaudselt aitab kaasa kõrgele töötootlikkusele ja töö kvaliteedile;
- ohutus, tagab töötajale turvalise töökeskkonna.

Hästi projekteeritud valgustussüsteem arvestab ruumi kasutajate sooritatava nägemisülesande nõudeid, inimeste ruumis liiklemise vajadusi, ruumi mitmesuguste kasutamise võimalustega. Vajadusel järgib evakuatsioonivalgustuse nõudeid. Oluline on arvestada tellija kehtestatud või ruumi füüsilisest olemusest tulenevate kitsendustega. Lahenduse koostamisel tuleks lähtuda keskkonnast ja jätkusuutlikkusest tulenevate nõuetega [6].

Korrektset teostatud valgustussüsteem peaks sisaldama [6]:

- efektiivse töö sooritamiseks tagama töökoha ja selle ümbruse valgustatuse;
- ruumi valgustust, tagamaks mugav ja meeldiv töökeskkond;
- hädaolukordadeks tagatud ruumi valgustus, et säiliks töötajate ohutus, tervis ja heaolu;
- minimeerida valgustuse energiavajadus.

Valgustite paigaldamise üheks oluliseks valiku kriteeriumiks on keskkond, kuhu valgustid paigaldatakse. Valgusti valikul peab lähtuma konkreetse ruumi halvimate tingimuste näitajatest. Keskkonna osas on oluline arvestada ka temperatuuri tingimustega [1].

Evakuatsiooni hädavalgustuse eesmärgiks on tagada viivitamatult, autonoomselt ja vajalikuks ajaks valgustus määratletud alal kui normaalvalgustuse toitepinge on katkenud. Valgustite paigaldamisel on oluline, et täidetakse järgmisi funktsioone [7]:

- evakuatsiooniteede märgistus oleks valgustatud;
- võimaldaks turvaliselt liigelda ohutusse kohta ning selle suunas;
- tagaks, et tuletõrjevahendid ning häirenupud mis paiknevad evakuatsiooniteedel, oleksid kiiresti leitavad ja kasutatavad;
- võimaldab teha toiminguid ohutuse tagamiseks.

Valguslahenduse koostamisel arvestatakse hädavalgustusarvutuste teostamisel halvimate tingimustega, s.t ei arvestata pindade peegeldustegureid, valgustite puhul võetakse arvesse ainult alla suunatud valgus ilma ülavalguse komponendita ning teostatakse arvutused alati põrandatasandile, mitte kõrgemal kui 20 cm põrandast [1].

Hädavalgusti töö garanteeritakse kas [1]:

- valgustisse sisseehitatud autonoomse akuga;
- keskakusüsteemiga, mis on ühendatud hädavalgustite võrguga;
- mingil muul viisil garanteeritud toitega.

Evakuatsiooniteede valgustuse eesmärgiks on sobivate visuaalsete tingimuste loomise ja suunanäidu kaudu evakuatsiooniteedel ning spetsiaalsetel aladel/kohtades isikutele ohutu väljapääsu võimaldamine. Lisaks tuletõrje- ja ohutusvahendite leidmise ning kasutamise käepärasuse kindlustamine [7].

Avatud alade (paanikavältimise) valgustuse eesmärgiks on tagada vastavad visuaalsed tingimused ja suuna leidmine, vähendades paanika tekkimist ning võimaldades isikute ohutut liikumist väljumisteedel [7].

Mahlatootmishoone ruumide valguslahenduse koostamiseks nõutavad valgustiheduse väärtused vastavalt ruumide sihtotstarbele on võetud Valgus ja valgustuse standardist [5], [8].

Antud bakalaureuse tööks vajalikud andmed on esitatud tabelis 1 ja tabelis 2.

Tabel 1. Sisetöökohtade valgusnõuete tabel [6]

Piirkonna liik, nägemisülesanne või tegevus	\bar{E}_m (lx)	UGR_L (-)	U₀ (-)	R_a (-)
Liiklusalad ja koridorid	100	28	0.40	40
Laadimisplatvormid ja -alad	150	25	0.40	40
Riiidehoidud, pesuruumid, vannitoad, tualettruumid	200	25	0.40	80
Varude- ja hoiuruumid	100	25	0.40	60
Pakkimis- ja väljastamispiirkonnad	300	25	0.60	60
Tööpaigad ja -piirkonnad: õllepruulimine, linnasekasvatus pesuseadmed, vaati villimine, puhastamine, sõelumine, koorimine	200	25	0.40	80
Toodete sorteerimine ja pesemine; jahvatamine, segamine, pakkimine	300	25	0.60	80
Puu- ja juurviljade lõikamine ja sorteerimine	300	25	0.60	80
Klaaside ja pudelite kontroll, toodete kontroll, garneerimine, sorteerimine, kaunistamine	500	22	0.60	80
Kirjutamine, lugemine, andmetöötlus	500	19	0.60	80
Pakkimislaud	500	19	0.60	80

Tabel 2. Välistöökohtade valgusnõuete tabel [8]

Piirkonna liik, nägemisülesanne või tegevus	\bar{E}_m (lx)	U₀	R_{GL}	R_a
Aeglase sõidukite (nt jalgrataste, traktorite ja ekskavaatorite) liiklusalad (enimalt 10km/h)	10	0.25	50.00	20
Suurte esemete ja toormaterjalide lühiajaline käsitlemine; tahkete koormate peale- ja mahalaadimine	20	0.25	55.00	20

Valguse värvi valik on psühholoogia ning eetika küsimus. Tabelis 3 on lahti kirjeldatud värvsustemperatuurid.

Tabel 3. Lampide rühmitus valguse värvi järgi [5]

Värvitoon	Lähim värvsustemperatuur T _{cp} K
Soe (soevalge)	alla 3300
Vahepealne (neutraalvalge)	3300 kuni 5300
Külm (päevavalgusvalge)	üle 5300

Standardis „EVS-EN 12464-1:2011 Valgus ja valgustus. Töökohavalgustus. Osa 1: Sisetöökohad“ on välja toodud ka pindade peegeldustegurid. Siseruumide põhiliste hajupeegeldavate pindade peegeldustegurid [5]:

- lagedel on 0.7 kuni 0.9
- seintel on 0.5 kuni 0.8
- põrandal on 0.2 kuni 0.4.

Vastavalt ruumide eripärale (märg, niiske, külm jne.) on vaja jälgida seadme vastupidavust välise keskkonna mõjudele. See on määratletud IP (*ingl. IP code, International Protection*) koodiga. IP tähiseks on kaks numbrit. Esimene number näitab kaitset tahkete osade vastu ja teine number näitab kaitset vee vastu. IP koodide numbrite tähendusest annab ülevaate tabel 4.

Tabel 4. IP koodi numbrite tähendus [9]

IP esimene number		IP teine number	
Tahke		Vedel	
0	Kaitse sätestamata	0	Kaitse sätestamata
1	Suured võõrkehad (üle 50 mm), puudutamine käelabaga	1	Vertikaalselt langevad veetilgad (kondensvesi) ei pääse valgustisse
2	Keskmsed võõrkehad (üle 12 mm), puudutamine sõrmega	2	Nurga all kuni 15° vertikaalselt langevad veetilgad ei pääse valgustisse
3	Väikesed võõrkehad (üle 2,5 mm), puudutamine tööriistaga	3	Nurga all kuni 60° vertikaalselt langev piiskvesi (vihm) ei pääse valgustisse
4	Terajad võõrkehad (üle 1,0 mm), puudutamine tööriistaga	4	Mis tahes suunast pritsiv vesi ei pääse valgustisse
5	Ladestuv tolmu, puudutamine traadiga	5	Mis tahes suunast tulev veejuga ei pääse valgustisse

IP esimene number		IP teine number	
Tahke		Vedel	
6	Igasugune tolm, puudutamine traadiga	6	Mis tahes suunast tulevad tugevad veejoad ja merelained ei pääse valgustisse
		7	Vesi ei tungi kuni poole tunni jooksul vette uputatud valgustisse (aegajaline ülejutus)
		8	Etteantud sukeldussügavusel x (meetrites) ei tungi vesi valgustisse ükskõik kui pika aja jooksul

Peale IP koodi on oluline valgustite valikul ka IK kood. IK kood (*ingl. IK code, International mechanical protection*) kirjeldab mehaanilise kokkupõrke taluvust. IK koodidest annab ülevaate tabel 5.

Tabel 5. IK koodi numbrite tähendus [1]

IK number	Kokkupõrke jõud (J)	Kokkupõrke võrdlus katse
00	Kaitse puudub	Test ei ole vajalik
01	0.15	200 g katsekeha kukutatud 7.5 cm kõrguselt
02	0.2	200 g katsekeha kukutatud 10 cm kõrguselt
03	0.35	200 g katsekeha kukutatud 17.5 cm kõrguselt
04	0.5	200 g katsekeha kukutatud 25 cm kõrguselt
05	0.7	200 g katsekeha kukutatud 35 cm kõrguselt
06	1	500 g katsekeha kukutatud 20 cm kõrguselt
07	2	500 g katsekeha kukutatud 40 cm kõrguselt
08	5	1.7 kg katsekeha kukutatud 29.5 cm kõrguselt
09	10	5 kg katsekeha kukutatud 20 cm kõrguselt
10	20	5 kg katsekeha kukutatud 40 cm kõrguselt

Antud tööd kirjutades on töö autor tutvunud „Ruumi tehisvalgustuse mõju tööviljakusele“ uuringuga [10]. Uuringus olid vaatluse all bürooruumid ning haridushooned. Seal on välja toodud mõned soovitusel, mida on antud objektile valguslahenduse koostamisel jälgitud. Puudutab see just bürooruume ning kuvariga töökohti. Töötajate tööviljakuse seisukohalt tuleks tagada piisav ühtlane valgus ning jälgida, et valgustid paikneksid töölaudade kohal. Vältida tuleks pindade peegeldusi ja häirivaid varje tööpiirkonnas. Kindlasti tagada standardis kehtivad valgustiheduse piirnormid ning vajadusel kasutada nende tagamiseks kohtvalgusteid. Sarnaselt valgustusele on väga oluline, et töökoht oleks kujundatud

ergonoomiliselt õigesti. Oma tervise heaks saavad töötajad ise väga palju ära teha, näiteks kuvariga töötades teha piisavalt puhkepause silmadele. Võimalikult palju liikuda ning teha venitusharjutusi.

Ühe enda jaoks huvitava fakti tootsin eriti välja: „naiste töö tulemuslikkust mõjutab loomuliku valguse olemasolu“ [10]. Enda kogemusest lähtuvalt võib see isegi tõeseks osutuda, sest tehes tööpäeval lõunapausi ajal õues väike jalutuskäik, sujub töö pärast paremini.

3. MAHLA VILLIMINE

3.1. Mahla villimise protsess

Mahl on käärimisvõimeline, kuid käärimata vedel toiduaine. Mahl saadakse üht või mitut liiki küpsetest, värsketest või külmsäilitatud puuviljadest ning marjadest. Mahlal on viljaliigile iseloomulik lõhn, värv ja maitse“ [11].

Mahla saadakse otsesel pressimisel marjadest või puuviljadest. Antud ettevõtte mahla villimise protsess algab tooraine korjamisest või tellitud tooraine vastuvõtmisest ja ladustamisest. Värske tooraine konteinerid tõstetakse konteineri kallutajasse. Sealt valguvad viljad purustajasse. Purustajas üles liikudes toimub enne purustamist tooraine pesemine. Purustajast liigub mass edasi lintpressi. Külmtöötlemise korral liigub pressitud mahl voolikute abil mahla anumatesse/pakenditesse. Kuumtöötlemise/pastöriseerimise korral suunatakse mahl mahlapressist voolikute abil roostevabasse mahutisse ning sealt omakorda voolikute kaudu pastörisaatorisse. Pastörisaator kuumutab mahla automaatselt hoideajata 85°C-ni. Mahl kuumutatakse ehk pastöriseeritakse säilivuse tagamiseks. Enne pakendamist kontrollitakse mahla temperatuuri. Pastörisaatorist suunatakse mahl automaatselt pakendajasse, millega on võimalik pastöriseeritud mahl pakendada bag-in-box kottidesse ja pudelitesse. Pakendamine toimub käsitsi. Pakendid suletakse korkidega ning seejärel ladustatakse pappkastidesse. Pakendatud mahl jäetakse samasse ruumi üheks ööpäevaks jahtuma, kuni on saavutatud toatemperatuur. Peale seda ladustatakse mahl pimedasse hoiuruumi säilima. Valmistoodang sildistatakse toote nimetuse, tootja firma andmetega jne. Kividega sügavkülmutatud toorainest (kirss, ploom) mahla pressimiseks tuuakse tooraine 3 päeva enne pressimist külmaruumist jahedasse ruumi sulama. Enne mahla pressimist eemaldatakse viljadest luuseemned, milleks kasutatakse kivide eraldamise masinat. Edasi toimub sama protsess nagu eelnevalt kirjeldatud. Antud protsessi kirjeldus on kokkupanud mahlatootja selgituste põhjal.

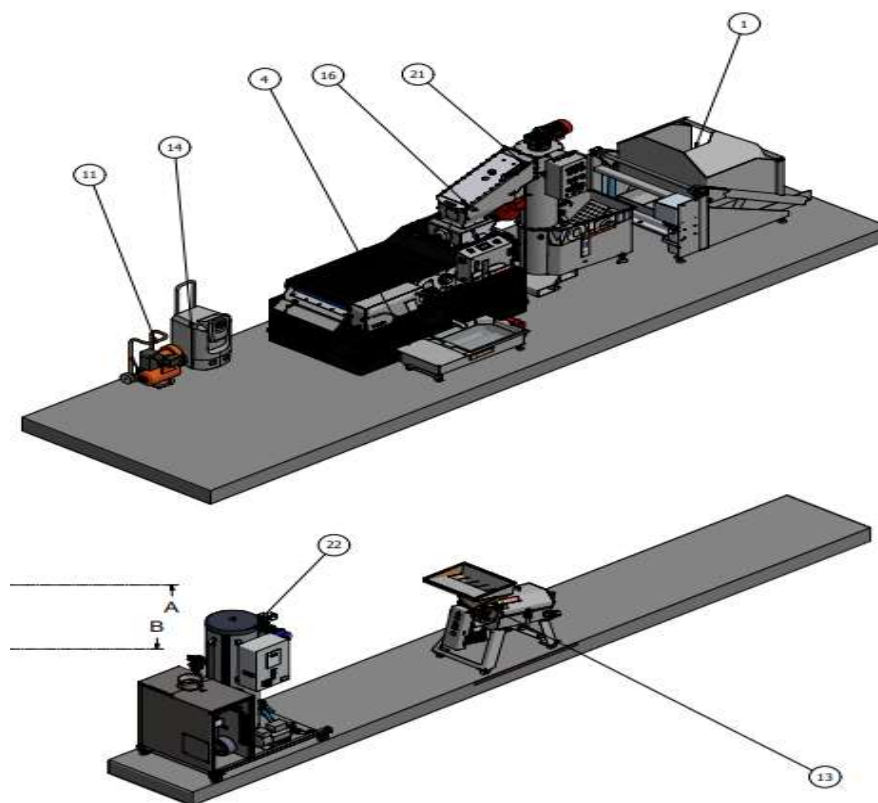
Mustsõstramahla tootmise etappe saab ajaliselt kirjeldada järgnevalt. Kui toorainet on 1620 liitrit, siis peale pressimist on mahla 900 liitrit. Antud koguse pastöriseerimiseks kulub 5 tundi, pressimiseks kulub 2,7 tundi. Pump töötab 1,5 tundi ja survepesur töötab 2 tundi.

Õunamahla tegemine ilma pastöriseerimata juhul kui toorainet on 2040 liitrit, siis mahla saadakse 1200 liitrit. Kallutajal kulub aega 0,1 tundi, purustajal 2,5 tundi, pressimine kestab 3,4 tundi, pump töötab 2,5 tundi ja survepesur töötab 1,5 tundi.

3.2. Mahla villimise seadmed

Mahla villimise tarbeks on olemas spetsiaalsed seadmed. Seadmed paiknevad tootmisruumides. Seadmete paiknemise järjekord on näidatud joonisel 1.

Joonisel 1 näidatud seadmed on: nr 1 konteineri kallutaja, nr 21 õunte/tooraine pesur, nr 16 mahlapress, nr 4 mahlakogumise vann koos pumbaga, nr 14 survepesur, nr 11 kompressor, nr. 13 kivide eraldamise masin ja nr 22 pastöriseerimise masin, pildilt puudub pakendamise masin.



Joonis 1. Seadmete paiknemine [12].

Joonisel 2 on tehtud foto (erakogu) mahlatootmise seadmetest.



Joonis 2. Tootmisruumides paiknevad mahlatootmise seadmed.

Antud töös vaadeldava ettevõtte mahla tootmiseks kasutatavad seadmed ja nende võimsused on:

1. konteineri kallutaja – 1 kW
2. purustaja – 4 kW
3. press – 0.75 kW
4. pump – 0.37 kW
5. survepesur – 0.3 kW
6. pastörisaator – 1.1 kW
7. kivide eraldaja – 3 kW

Seadmete koguvõimsus kokku on 10,52 kW. Pakendamise masin elektrienergiat ei tarbi, pakendamine toimub käsitsi.

4. TOOTMISHOONE ISELOOMUSTUS

4.1 Üldiseloostus

Bakalaureuse töö aluseks on mahlatootmishoone, mida hetkel ehitatakse. Hoone asub Tartumaal. Objektiga tutvumise hetkel oli olemas vaid hoone karkass (joonis 3).



Joonis 3. Mahlatootmishoone ehitusjärg objektiga tutvumise hetkel (foto, erakogu).

Hoone suurus on kokku 243,6 m². Tinglikult võib hoone jagada sihtotstarbe järgi tootmishooneks ja büroohooneks. Ruume on kokku 10. Ruumide suurusest annab ülevaate järgnev tabel 6. Ruumide paigutusest annab ülevaate hoone põhiplaan, mis asub lisas 1.

Tabel 6. Ruumide suurused

Ruum	Külmaruum	Jaheruum	Tootmine 1	Tootmine 2	Tööruum	Kontor	Koridor	Riietusruum	Dušš	Wc	Kokku
Pindala m ²	42.1	43.5	46.5	45.1	23.4	12.8	18.9	7.4	2.3	1.6	243.6

Kõrgus varieerub erinevates ruumides 2,5 m kuni 4,6 meetrini. Hoone ehitatakse *sandwich* paneelidest ning plekk-katusega. *Sandwich* paneele kirjeldab tootja oma tootelehel, kui väga hea vastupidavusega, kergesti kinnitatavad ja suure modulaarse laiusega. Paneelid on

varustatud külgtihendiga, mis muudab ühenduse tihedaks. See on parim valik põllumajandushoonete korral ning sobib suurepäraselt ka puu-ja köögivilja hoiuruumidele. Seinavärvina on kasutatud spetsiaalset toiduainetööstuse nõuetele vastavat värvi. Värvikood on nii hoones sees kui ka välisseintes RAL7035 ehk helehall. Samad paneelid on paigaldatud ka tootmishoone lagedeks. Büroohoones on kasutatud ripplagesid, mille taha on hea varjata kõikvõimalikke kommunikatsioone (ventilatsioon jne).

Külmaruumi põrand on lihvitud betoon koos pinna kõvenduskihiga. Teistes ruumides on põrandal betoonkate.

Betoonkate on neljakomponentne modifitseeritud polüüretaan. Sellel on suurepärase vastupanuvõime termilistele, mehaanilisele ja keemilisele koormusele. Tagab vastupidavuse kemikaalidele ja orgaaniliste hapete toimele. Sobib kasutamiseks, kui põrandale satub kuuma vett, auru või kus põrandaid puhastatakse. Lisaks on mitte libedate pinnastruktuuridega, talub pidevat niiskust ning erinevaid lühiajalisi temperatuuri muutusi [13].

4.2 Ruumide sihtotstarve

Ruumid on erineva sihtotstarbega ja vastavalt sellele tuleb leida valguslahendused. Külmaruum on tooraine ladustamiseks/hoiustamiseks. Ruumis on üks jahutusseade. Ruumi temperatuur jääb vahemikku $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ kuni $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Toormaterjali sissetoomisel viiakse temperatuur ajutiselt kiiresti $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ juurde.

Jaheruum on valmistoodangu ladustamiseks/hoiustamiseks. Selles ruumis on üks kliimaseade. Ruumi temperatuur jääb vahemikku $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ kuni $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ruumis toimub ka külmunud materjali ümberpakkimine.

Tootmisruumis 1 toimub mahla pastöriseerimine ja pakendamine. Lisaks toimub ka kivide eraldamine kirssidest ja muudest marjadest. Ruumis on survepesur, mis toodab survevett mahla pressile lindi pesuks. Kompressor, mis tagab suruõhu mahlapressi lindi pingutamiseks. Ruum on toatemperatuuril. Kaablite paigaldamiseks on lae all spetsiaalne toiduainetööstuse ruumidesse mõeldud korvrenn. Valgustid paigaldatakse renni külge. Arvestada tuleb suure uksega, mis avanemisel liigub lae alla.

Tootmisruumis 2 toimub mahla pressimine. Seadmetest on selles ruumis konteineri kallutaja, õunte pesur, tigutransportöör, purustaja, mahlapress ning mahlakogumise vann koos pumbaga. Ruumi eripäraks, millega tuleb arvestada, on suured ukse. Uksed liiguvad avanemisel lae alla.

Tootmisruumides paiknevad seadmed 1 - 1,5 m kaugusel seintest, ruumi keskele jääb vaba ala mahla transportimiseks ning liiklemiseks. Selliselt paigutades on võimalik vajadusel seadmetele ligi pääseda puhastamiseks, hooldamiseks või desinfitseerimiseks.

Tööruumis hoitakse pakendeid ning silte. Ruumis tegeletakse mahlapakkide sildistamisega.

Kontoris teostatakse töid sülearvutitega ning tegeletakse paberimajandusega.

Riietusruum on riiete hoidmiseks või väikeseks puhkehetkeks diivanil. Riietusruumist pääseb duširuumi.

Koridor ühendab omavahel erinevaid ruume ning seal on ka väljapääsu uks.

Tegemist on väikese perefirmaga ja seoses sellega puudub hoones puhkenurk/kööginurk. Pererahvas teeb puhkepause või kohvipause koduses majapidamises, mis asub vahetus läheduses. Hiljem, kui tekib vajadus puhkeruumi järele, saab selle tekitada tööruumi.

4.3 Küte

Hoone kütmiseks paigaldatakse gaasi kondensaat-küttekatel võimsusega 35 kW ja õhkkütteseade. Sellega tagatakse ka tarbevee soojendamine ning põrandaküte.

Põrandaküte ruumides on veetorustikega, v.a jaheruum, kus puudub küte. Külmaruumis on nii veetorustikega kui ka küttegaablitega põrandaküte.

Külmruumis, kus temperatuur on pidevalt $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ kuni $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, pääseb külm konstruktsioonidesse. Konstruktsioonid, mis on maaga kokkupuutes (vundamendid, põrandad) muutuvad külmaks ja maa jääb. Maas sisalduv vesi paisub jäätudes ning võib tekitada märkimisväärsed kahjustusi. Selle vältimiseks tuleb paigaldada põrandaküte. Ohutuse tagamiseks tuleb paigaldada kaks paralleelset küttegaahelat eraldi termostaatidega, et kui ühe küttegaahelaga midagi juhtub, siis lülitub automaatselt teine tööle. Küttegaahelad tuleb

külmruumis paigaldada soojustuse alla, kuna siin tuleb külmumise eest kaitsta põrandaalust pinda. Kaht paralleelset kütteahelat juhivad kaks termostaati [14].

Antud objektil on üheks kütteahelaks veetorustik, mis on seadistatud $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$. See tagab betoonpõrandale piisava kaitse külmakergete eest. Teiseks kütteahelaks on küttekaabel, mis on seadistatud $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja on ühendatud „alarmiga“. Kui esimese kütteahelaga midagi juhtub, siis lülitub sisse teine kütteahel ja samal ajal hoiatab, et töösse läks nii-öelda „reservahel“.

4.4 Ventilatsioon

Inimeste enesetunnet mõjutab suurel määral ruumi sisekliima. Ruumidesse toob pidevalt värsket õhku mugav ventilatsioonisüsteem. Selle tulemusena saavutatakse tervislik sisekliima. Enamiku ajast on see uus ja puhtam õhk kahjuks külmem kui me sooviksime. Järelikult on õhu soojendamiseks sisetemperatuurini vaja kulutada soojust energiat. Soojustagastuse funktsiooniga ventilatsiooniseadmed on sedavõrd säästlikud ja nutikad, et kasutavad tööruumid läbinud, saastunud õhu jääksoojuse ära, kandes läbi soojusvaheti selle üle värsketele sissepuhutavale õhule. Selline funktsioon tagab madalama energiakuluga eelsoojendatud, puhta ja värsket õhu [15].

Mahla tootmishoonesse on projekteeritud SAVE VTC 700 R soojustagastusseade. Antud seadme tehnilised andmed on:

Pinge (nominaal) 230 V; soovitatav kaitse 10 A, soojusvaheti tüüp on vastuvool.

Sisendõhk – sisend võimsus, sissepuhkeventilaator 170 W;

Väljatõmbeõhk – sisendvõimsus, väljatõmbeventilaator 170 W.

Õhuvahetuskordaja on 5 ehk siis teoreetiliselt vahetub ruumis õhk viis korda tunnis uue ja puhtama vastu.

4.5 Jahutus

Jahutusseadmete eesmärk on tagada vajalikud temperatuuri tingimused tooraine säilitamiseks ning valmistoodangu hoiustamiseks. Külmaruumi ja jaheruumi vajaliku temperatuuri tagamiseks on planeeritud jahutusseade ja kliimaseade. Seadmed paigaldatakse antud ruumide otsaseintele. Tegemist on õhk-õhk tüüpi seadmetega.

Kasutatavate seadmete elektrivõimsused on järgmised:

1. Kliimaseade ehk + „pluss” temperatuuriga seadmed:

kompressoriseade 3,815 kW;

aurusti ventilaatorid 0,306 kW + sulatus 4,65 kW.

2. Jahutusseade ehk – „miinus” temperatuuriga seadmed:

kompressorid 7 kW;

kondensaator 0,36 kW;

aurusti ventilaatorid 0,820 kW + sulatus 9,8 kW.

Antud seadmete võimsused väljastas seadmete projekteerija.

5. TOOTMISHOONE VALGUSTUS

Valguslahendus on tehtud kogu hoonele, kaupade laadimisalale ja hoone fassaadile. Joonisel 4 on vaade valgustatavale hoonele DIALux programmis.



Joonis 4. Vaade hoonele DIALux programmis.

Valguslahenduse koostamise aluseks on võetud tootmishoone põhiplaan, mis on koostatud Tandem Inseneribüroo poolt. Põhiplaan on näidatud lisas 1. Ruumidesse paigaldatud valgustite tehniline spetsifikatsioon on lisas 4 ning valgustite asendiplaan on näidatud töö lõpus olevas lisas 2. Antud objektil on elektriinseneri juhendamisel koostatud elektervalgustuse toiteskeem, mis on näidatud lisas 3.

5.1 Tootmisruum 1

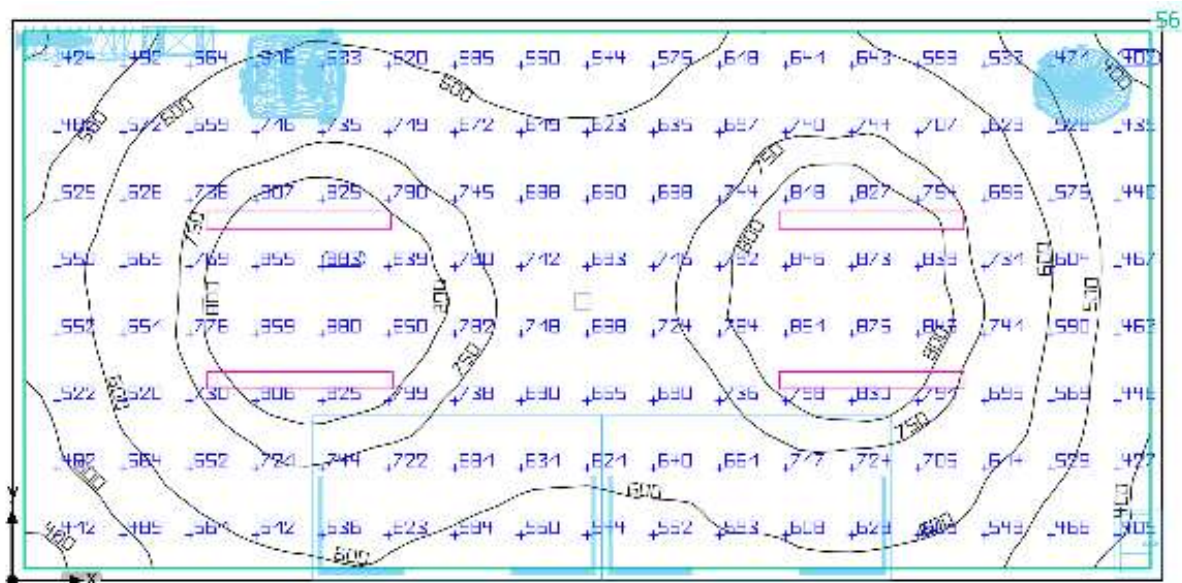
Tootmisruum 1 pindala on 46,5 m² ja ruumi kõrgus on kõrgemas osas 4,6 m ning madalamas osas 4,0 m. Ruumis on kokku 4 ust. Välisuks liigub avamisel lae alla. Jaheruumi uks on lükanduks, mis liigub kõrvale. Kontori poolele saab läbi tavalise ukse. Tootmisruumi 2 saab läbi lae alla käiva suure ukse. Selles ruumis toimub mahla pastörseerimine ja pakendamine. Pakendamise tarbeks on paigaldatud ruumi laud. Lisaks on seal kivide eraldamise seade, survepesur ning kompressor. Ukse kõrval on gaasikatel, elektrikapp ja muud tarvikud. Valgustite paigutamisel tuleb arvestada lae alla käivate ustega. Tegemist on ruumiga, kus

tuleb tagada puhtus. Seadmeid ja seinu peab saama vajadusel puhastada. Valgustid peavad olema veepritsmete kindlad. Valitud valgusti on IP66 klassiga, mistahes suunast tulevad veejoad ei pääse valgustisse. Kaablid paigaldatakse spetsiaalse toiduainetööstuse tarbeks mõeldud korvrennidega lae alla ning valgustid kinnitatakse nende külge. Valgustiks selles ruumis on valitud veekindla ja puhtaruumi valgusti Northcliffe Barat LED2x7100 [16]. Lambi võimsus on 82,4 W ja valgusvoog 14164 lm. Valgusviljakus on 172 lm/W. Kasutatud on võimalikult energiaefektiivset valgustit. Ruumi planeerisin valgusteid 4 tükki, et oleks tagatud piisav valgustihedus pakendamise tarbeks. Vastavalt nõuetele tuleks pakendamise tarbeks tagada valgusviljakus 500 lx, DIALux arvutuste põhjal on keskmine valgusviljakus 661 lx. Kui ruumis ei teostata parajasti pakendamist, siis ei pea kõiki valgusteid korraga tööle lülitama. Joonisel 5 on valguslahendus tootmisruum 1 jaoks ja joonisel 6 on antud ruumi valgustihedus.



Joonis 5. Tootmisruum 1 valguslahendus DIALux programmis.

Joonisel 5 näidatud seadmed on illustratiivse tähendusega ja ei kujuta reaalseid seadmeid. Seadmete paigutus saab olema vastavalt joonisele. Seadmed paiknevad seinte ääres ning liiklemiseks on ruumi keskel jäetud piisavalt ruumi.



Joonis 6. Tootmisruum 1 valgustihedus DIALux programmist.

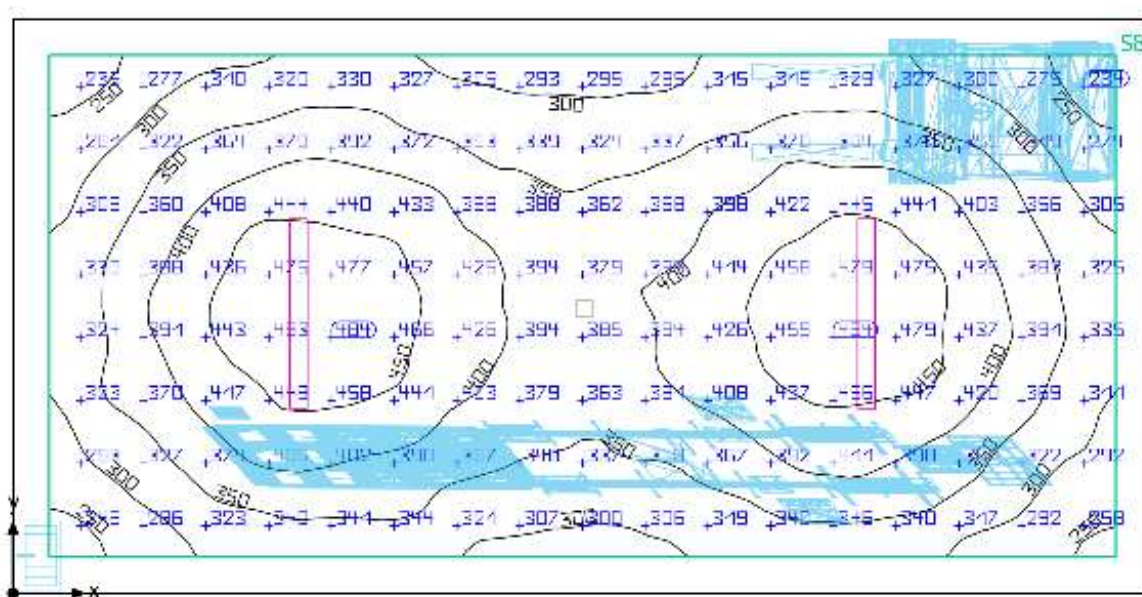
Antud ruum on planeeritud valgustihedamaks kuna ruumis toimub mahla pakendamine. Seda teostatakse käsitsi ja tuleb jälgida täpseid mahumõõte kaalult.

5.2 Tootmisruum 2

Tootmisruum 2 pindala on 45,1 m² ja ruumi kõrgus on 4,0 – 4,6 meetrit. Ruumil on kaks suurt ust, mis avamisel liiguvad lae alla. Selles ruumis toimub mahla pressimine. Seadmed paiknevad seina äärest ühe meetri kaugusel. Masinad väga suurt valgustihedust töö tegemiseks ei vaja ja inimene siin ruumis jälgib pigem aeg-ajalt masinate tööd. Sarnaselt tootmisruum 1 tuli valgustite paigutamisel arvestada lae alla käivate ustega ning valgustisse sattuda võivate veepritsmetega. Valgustina on kasutatud sama valgustit, mis tootmisruumis 1. Veekindla ja puhtaruumi valgusti Northcliffe Barat LED2x7100 [16]. Ruumi on planeeritud neid 2 tükki. Valgustiheduse DIALux programmis arvatud keskmine väärtus on 369 lx, vajalik minimaalne valgustihedus peab olema 300 lx. Joonisel 7 on valguslahendus tootmisruum 2 tarbeks. Ka siin on seadmed joonisel illustratiivse tähendusega. Reaalsed seadmed paiknevad joonisel näidatud asukohtades, aga välja näevad teistsugused. Joonisel 8 on näidatud valgustiheduse väärtused.



Joonis 7. Tootmisruum 2 valguslahendus DIALux programmis.

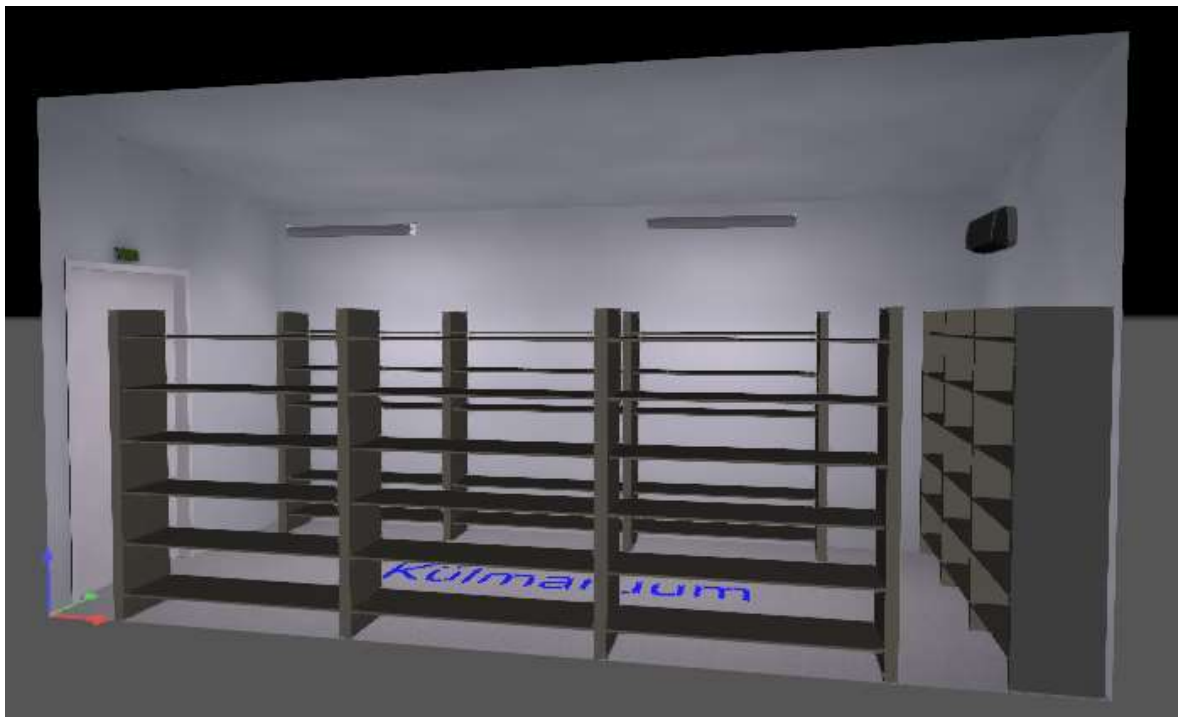


Joonis 8. Tootmisruum 2 valgustihedus DIALux programmist.

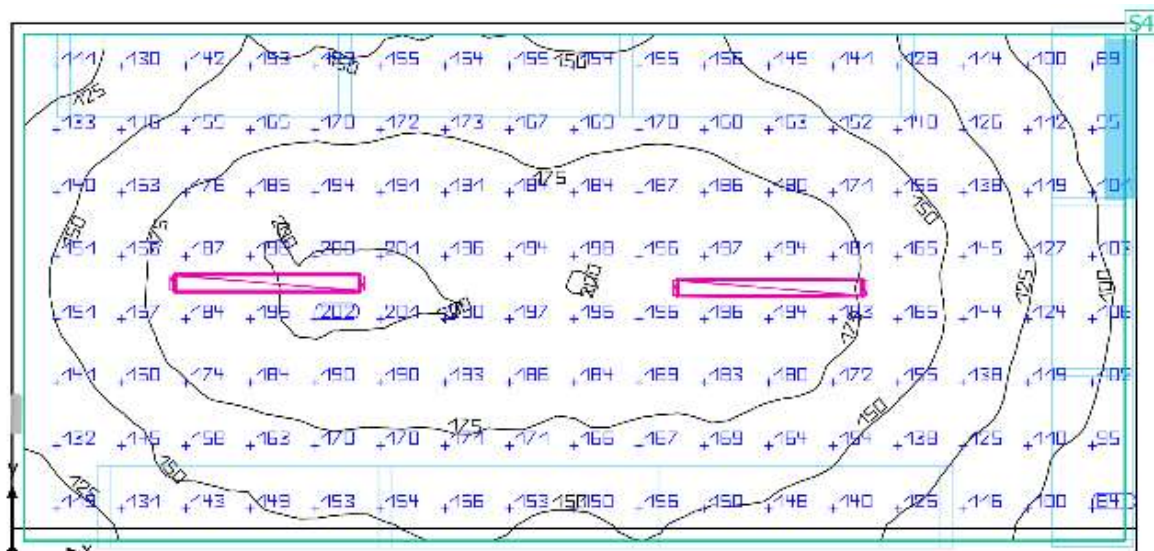
Alternatiivina sobib tootmisruumides kasutada tööstusvalgustit Takton IP66 DCW097-150 LED070 58 W 7000 lm [17]. Lambi võimsus on 58 W ja valgusvoog 7000 lm. Valgusviljakus on väiksem (135 lm/W), seega tuleks arvuliselt paigaldada valgusteid rohkem, et saavutada piisav valgustihedus. Hind on valgustil odavam kui eelnevalt väljapakutud valgustil. Niiskuskindlus, tolmukindlus ja temperatuuri taluvus lubab valgusteid kasutada tootmisruumides ning jaheruumis.

5.3 Külmaruum

Külmaruumi eesmärk on tooraine sügavkülmutamine. Ruumi pindala on 42,1 m² ja ruumi kõrgus varieerub 4,0 m kuni 4,6 m. Ruum on sisustatud riiulitega kuhu ladustatakse tooraine. Ruumis on jahutusseade, mis peab tagama vajaliku temperatuuri. Antud ruumi temperatuur jääb vahemikku –18 °C kuni –22 °C, värske tooraine kiireks külmutamiseks viiakse ruum ajutiselt –35 °C. Ruumi pääseb läbi massiivse lükandukse, mis avamisel liigub jaheruumi seina äärde. Loomulikku valgustust selles ruumis pole. Valgustite valikul on lähtutud ekstreemsest temperatuurist. Valgustiks selles ruumis on valitud madalatel õhutemperatuuridel töötav valgusti Glamox MILZ67-1500 LED 7500 HF TW PC 840 M20 [18]. Lambi võimsus on 54 W ja valgusvoog 7378 lm. Valgusviljakuse väärtus on 137 lm/W. Ruumi planeerisin valgusteid 2 tükki. Joonisel 9 on valguslahendus külmaruumi jaoks ning joonisel 10 on näidatud külmaruumi valgustihedus.



Joonis 9. Külmaruumi valguslahendus DIALux programmis.



Joonis 10. Külmaruumi valgustihedus DIALux programmist.

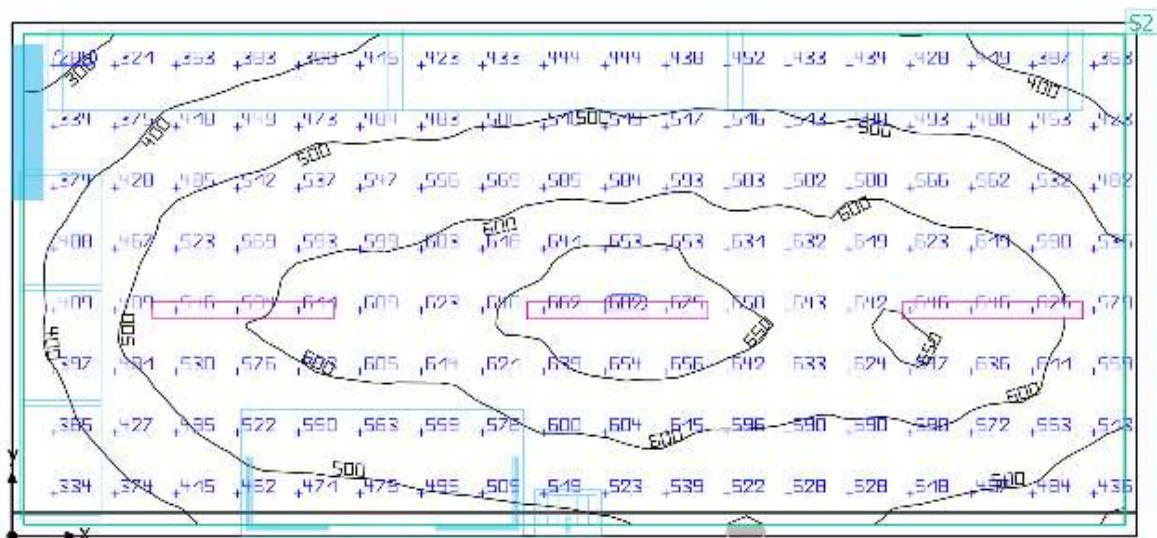
Dialuxi arvutuste põhjal on saadud keskmiseks valgustiheduseks 158 lx. Valgustamisel lähtusin laoruumi valgustiheduse väärtustes, standardi Valgus ja valgustus [5] järgi peab see olema 100 lx.

5.4 Jaheruum

Jaheruumis toimub valmistoodangu hoiustamine ning külmutatud toodete ümberpakkimine. Ruum on sisustatud riiulitega, pakkimise teostamiseks on paigaldatud seinä äärde laud ning vastavalt toiduainete tootmisnõuetele lisaks ka kraanikauss. Ruumi suuruseks on 43,5 m² ja kõrgus jääb sarnaselt külmaruumile vahemikku 4,0 m kuni 4,6 m. Temperatuuriks on +2 °C kuni +6 °C kraadi ja selle peab tagama ruumi otsa seinas olev kliimaseade. Ruumide vahel liikumiseks on suured lükanduksed, mis liiguvad seinä äärde külje peale. Ruumi on planeeritud ainult tehisklik valgustus. Valgustiks selles ruumis on valitud veekindla ja puhtaruumi valgusti Northcliffe Barat LED2x7100 [16]. Ruumi planeerisin valgusteid 3 tükki. Joonisel 11 on valguslahendus külmaruumi tarbeks ning joonisel 12 valgustihedus.



Joonis 11. Jaheruumi valguslahendus DIALux programmis.



Joonis 12. Jaheruumi valgustihedus DIALux programmist.

Valgustihedus on tagatud vastavalt pakkimisnõuetele 300 lx. Dialux arvutuste põhjal on saadud keskmiseks valgustiheduseks on 528 lx. Ruum on planeeritud valgustihedamaks kuna ümberpakkimisel tuleb kaaluda täpne kogus. Seoses sellega nõuab kaalult väärtuste lugemine rohkem valgust. Kui ruumi ei kasutata parajasti pakkimiseks, siis ei pea kõiki valgusteid tööle panema. Piisab ühest, mille abil saab minna külmaruumi.

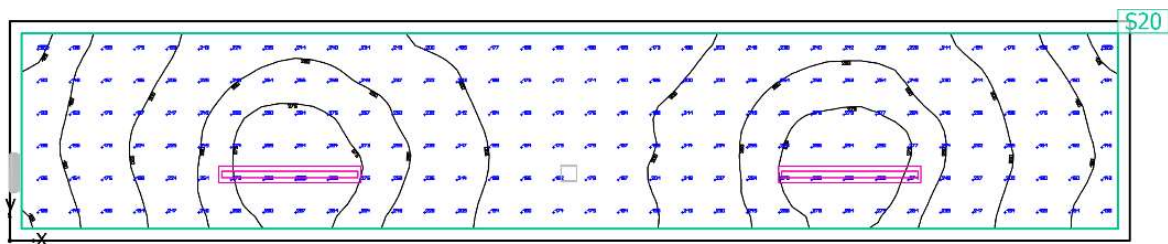
Ka sellesse ruumi sobib eelevalt väljapakutud alternatiivvalgusti [16].

5.5 Koridor

Büroohoonel on 1,8 m laiune koridor. Koridori pindala on 18,9 m² ja ripplae kõrgus on 2,5 m. Ruumist pääseb õue, WC-sse, riietusruumi, kontorisse ja tööruumi. Valgustiks selles ruumis on valitud Onnline IP44 45W/840 4500lm 1200mm [19]. Lambi võimsus on 45 W ja valgusvoog 4500 lm. Valgusviljakus on 100 lm/W ja antud olukorras on see väga hea, võimaldades ruumi valgustada 2 valgustiga. Joonisel 13 on valguslahendus koridori jaoks. Joonis 14 annab ülevaate koridori valgustiheduse tulemustest.



Joonis 13. Koridori valguslahendus DIALux programmis.



Joonis 14. Koridori valgustihedus DIALux programmist.

Vastavalt nõuetele peab olema koridoris inimesele vajalik valgustihedus 100 lx, DIALux arvutuste põhjal on keskmine valgustiheduse väärtuseks 216 lx.

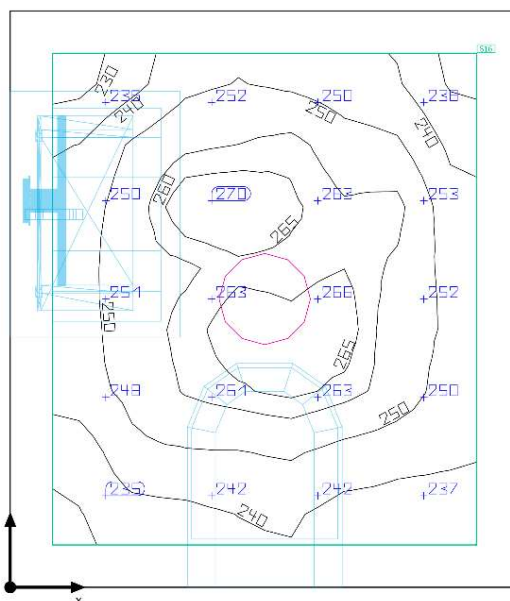
5.6 WC

WC pindala on 1,6 m² ja ruumil on ripplagi. Ruumi kõrguseks on 2,5 meetrit. Ruumil puudub loomulik valgustus. Ruumis on kraanikauss koos peegliga ning WC-pott. Valgustiks selles ruumis on Philips DN145B LED20S/840 PSU II WH [20]. Lambi võimsus on 21 W ja

valgusvoog 2100 lm. Ruumi planeerisin ühe valgusti. Joonisel 15 on WC valguslahendus. Joonisel 16 on näha valgustiheduse väärtused.



Joonis 15. WC valguslahendus DIALux programmis.



Joonis 16. WC valgustihedus DIALux programmist.

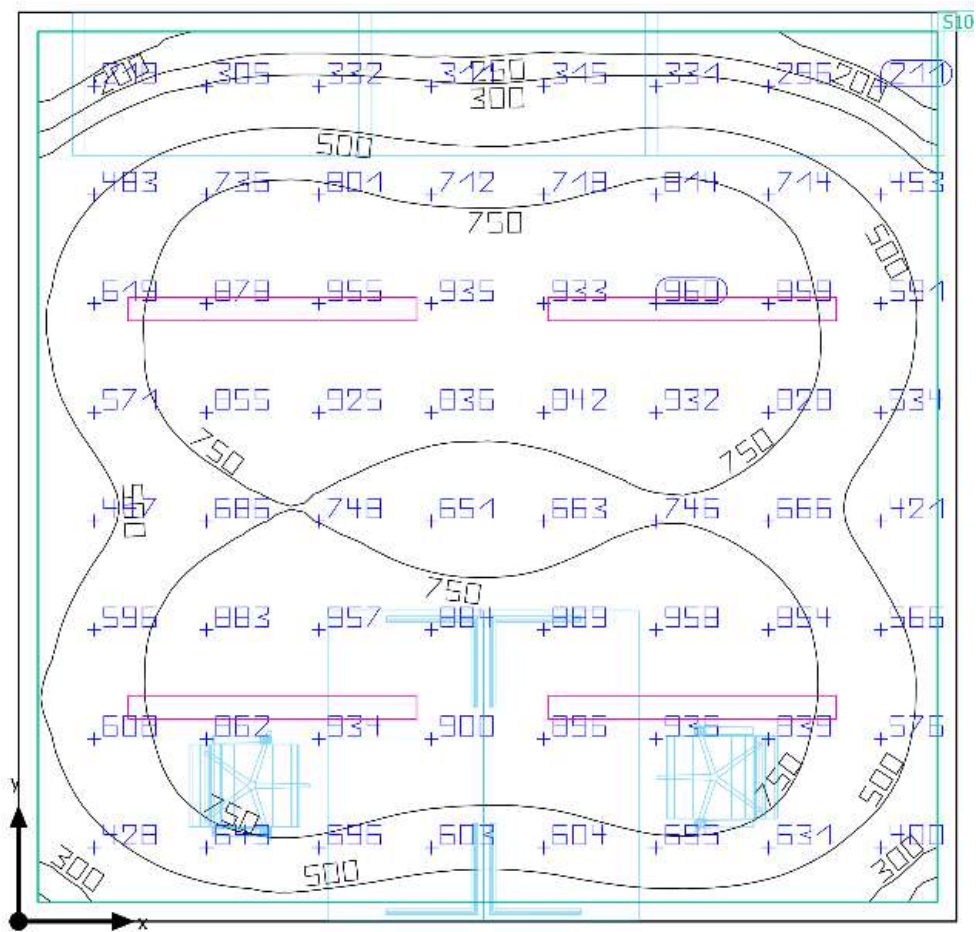
Nõuetekohane valgustihedus on tagatud, WC peab olema 200 lx. Antud valgustiga on keskmiseks valgustiheduseks saadud 251 lx.

5.7 Tööruum

Tööruumi pindala on 23,4 m² ja ruumi kõrgus on 2,5 m. Ruumile on paigaldatud ripplagi. Aken antud ruumil jääb põhja suunda. Ruumis tegeletakse mahlapakkide sildistamisega ning hoitakse pakendeid ja silte. Ruumi sisustusse kuuluvad riiulid ning töö tegemiseks laud. Valgustiks selles ruumis valisin LN INDV D 1500 48W/940 [21]. Lambi võimsus on 48 W ja valgusvoog 4800 lm. Ruumi planeerisin valgusteid 4 tükki. Joonisel 17 tööruumi on valguslahendus ning joonis 18 annab ülevaate ruumi valgustihedusest. Valgustiheduse jooniselt on näha, et tekitasin antud ruumi kaks valgustihedamat ala. See on vajalik selleks, et oleks võimalik töölaua asukohta vajadusel muuta.



Joonis 17. Tööruumi valguslahendus DIALux programmis.



Joonis 18. Tööruumi valgustihedus DIALux programmist.

DIALux arvutuste põhjal on valgustiheduse keskmine väärtus 678 lx. Standardi Valgus ja valgustus [6] järgi oleks vaja tagada antud ruumis valgustihedus 500 lx. Sildistamine toimub käsitsi ning see nõuab suuremat valgustihedust.

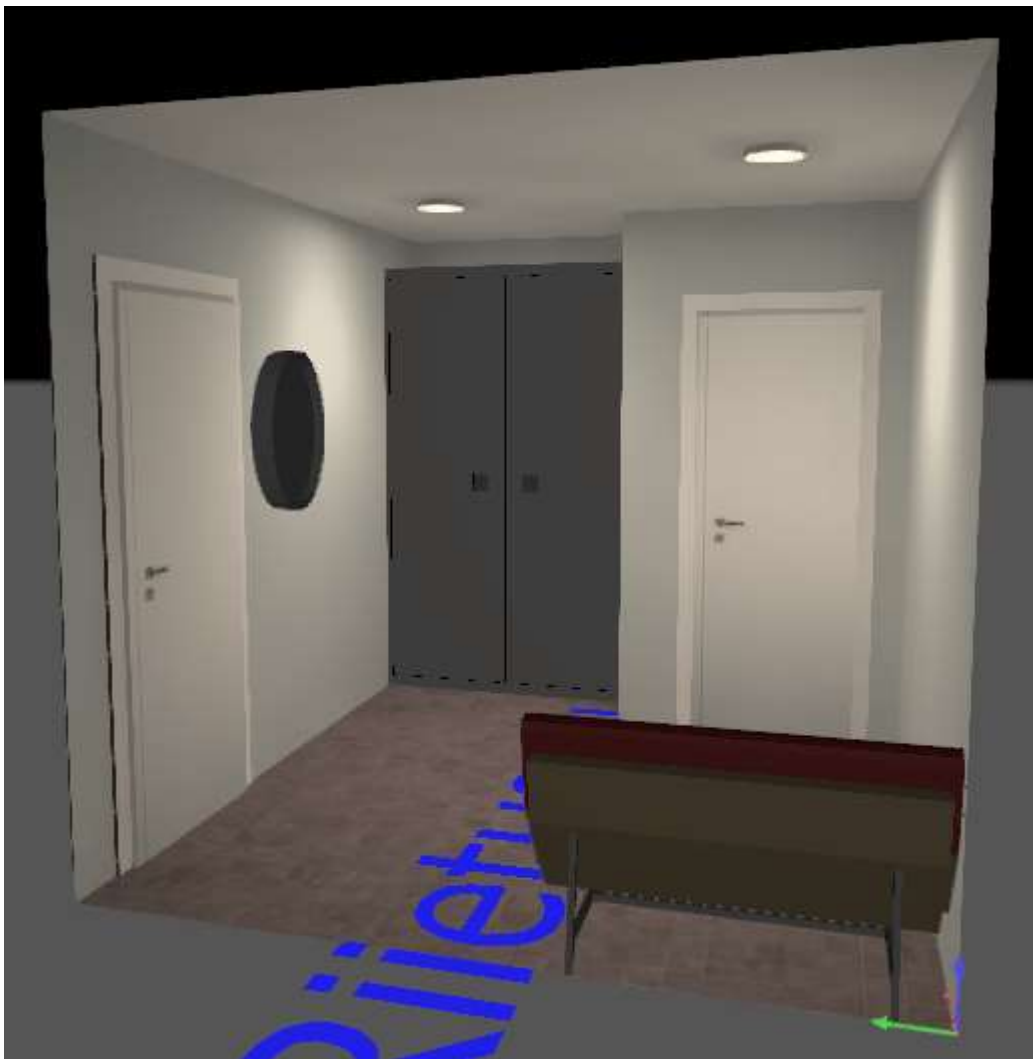
5.8 Duširuum

Duširuumi pindala on 2,3 m² ja ruumil on ripplagi. Ruumi kõrguseks on 2,5 meetrit. Valgustite valimisel on arvestatud märja ruumi tingimustega. Valgustiks selles ruumis on valitud Philips DN145B LED20S/840 PSU II WH [20]. Lambi võimsus on 21 W ja valgusvoog 2100 lm. Ruumi planeerisin ühe valgusti. Joonisel 19 on valguslahendus duširuumi jaoks ning valgustihedus on näidatud joonisel 20.

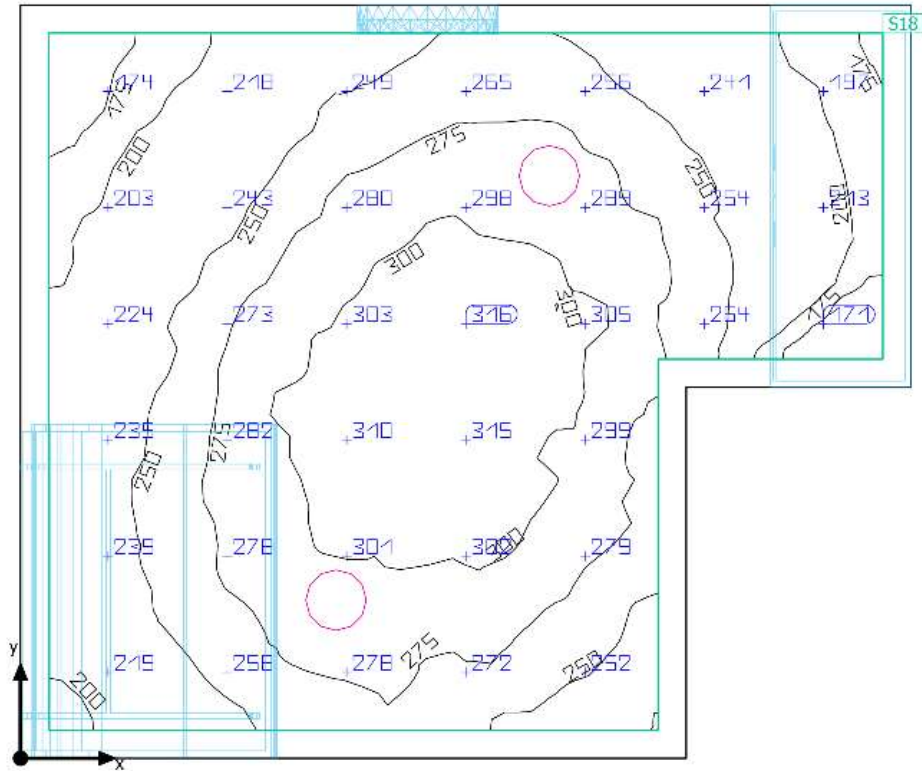
Keskmine valgustihedus DIALux arvutuste põhjal on 278 lx, vajalik on tagada vähemalt 200 lx.

5.9 Riietusruum

Riietusruumis saab hoida üleriideid ning välisjalatseid, selleks on olemas riidekapp. Ukse kõrvale on paigaldatud peegel. Sisustusena on lisatud ka diivan, et saaks vajadusel istuda. Riietusruumi pindala on 7,4 m² ja ruumil on ripplagi, mis asub 2,5 m kõrgusel. Valgustiks selles ruumis on valitud Philips DN145B LED20S/840 PSU II WH [20]. Lambi võimsus on 21 W ja valgusvoog 2100 lm. Piisava ja ühtlase valgustiheduse tagamiseks on valgusteid planeeritud kaks tükki. Joonisel 21 on valguslahendus riietusruumi jaoks, joonisel 22 on ruumi valgustiheduse väärtused.



Joonis 21. Riietusruumi valguslahendus DIALux programmis.



Joonis 22. Rietusruumi valgustihedus DIALux programmist.

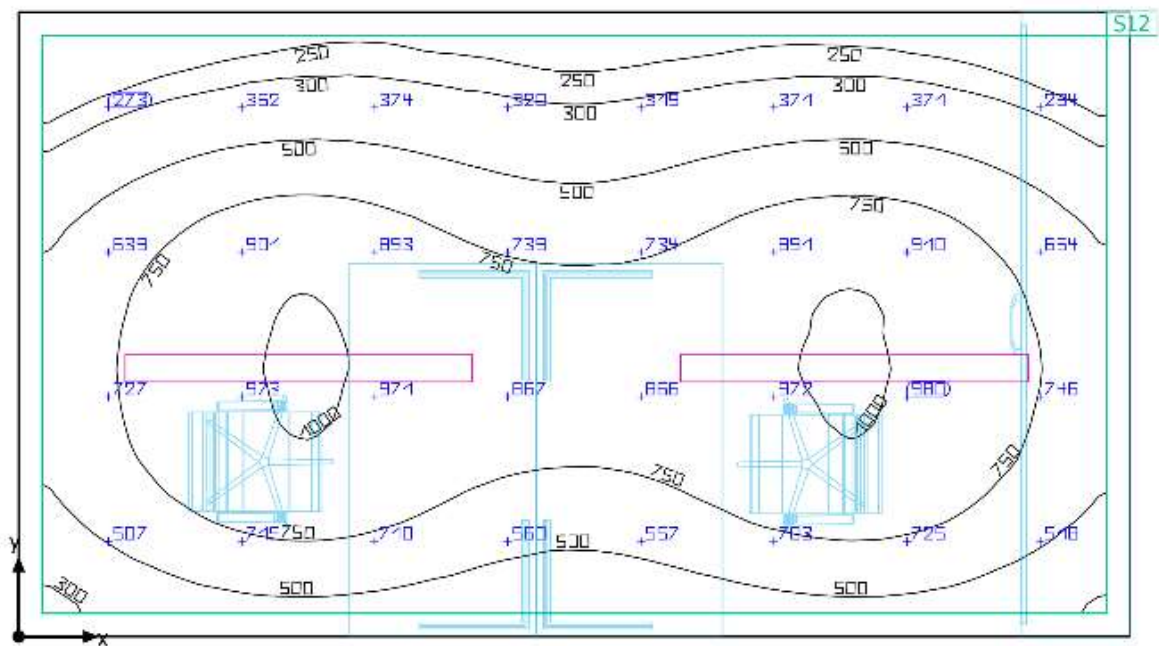
DIALux arvutuste põhjal on keskmine valgustihedus 259 lx, see vastab minimaalselt nõutud väärtusele 200 lx.

5.10 Kontor

Kontorisse on paigaldatud kaks töökohta. Lisaks tehisvalgusele valgustab seda ka päevavalgus läbi akna. Aken jääb põhja suunda. Firma paberite hoiustamiseks on ruumis sahtlitega kummut. Kontori pindala on $12,8 \text{ m}^2$ ja kõrguseks on 2,5 meetrit. Valgustiks selles ruumis on valitud LN INDV D 1500 48W/940 [21]. Lambi võimsus on 48 W ja valgusvoog 4800 lm. Valgustihedamad alad on tehtud laua pinnale, et oleks mugav tööd teha. DIALux arvutuste põhjal on ruumi keskmine valgustihedus 612 lx ja see vastab nõuetele, kuna nõutud on tagada 500 lx. Ruum on valgustatud kahe valgustiga. Joonisel 23 on valguslahendus kontori jaoks. Joonisel 24 on kujutatud kontori ruumi valgustiheduse väärtused.



Joonis 23. Kontori valguslahendus DIALux programmis.



Joonis 24. Kontori valgustihedus DIALux programmist.

Siseruumides on võimalik erinevaid valgusteid sisse või välja lülitada vastavalt sellele, mis tööd hetkel soovitakse teha. Sellega saab reguleerida ruumi valgustihedust. Valgustuse hulk väheneb aastatega seoses valgusallika vananemisega. Seda võib põhjustada valgustite kulumine, määrdumine. Seoses sellega planeerisin mõned ruumid valgemaks kui vajalik.

Valgustite toitekaablid ning lülitite asukohad on näidatud elektervalgustuse skeemil, mis asub lisas 3.

5.11 Välisvalgustus

Tootmishoone mõlema suure ukse juurde on tekitatud toodete laadimiseks eraldi valgustihedusega laadimisalad. Tagaukse juures on tekitatud eraldi valgustatud ala ka külmaseadmele, mida tuleb aeg-ajalt hooldada. See ala on näidatud joonisel 26. Valgustiteks on valitud Leipziger Leuchten Alfons II FF LED [22]. Lambi võimsus on 42 W ja valgusvoog 5884 lm. Kokku on planeeritud valgusteid 3 tükki. Joonisel 25 on valguslahendus eesmise ukse jaoks ning joonis 26 tagumise ukse jaoks.



Joonis 25. Eesmise ukse valguslahendus DIALux programmis.

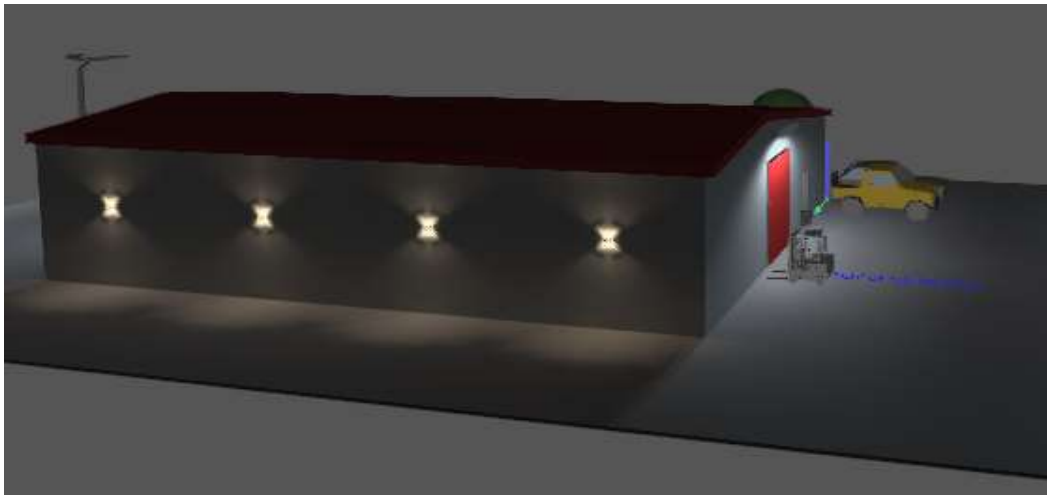


Joonis 26. Tagumise ukse ning külmaseadme valguslahendus DIALux programmis.

Valguspunkti kõrgus on 4,3 m, et mitte pimestada veoautojuhti tagurdamis manöövrit tehes.

5.12 Fassaadivalgustus

Fassaadi valgustuse eesmärk on tootmishoone nähtavaks tegemine klientidele. Fassaadi valgustuseks on valitud Ledvance Façade updown 12W/3000K GY IP54 valgusti [23]. Lambi võimsus on 12 W ja valgusvoog 700 lm. Valgustid on paigaldatud 2,5 m kõrgusele. Kokku on neid 8 tükki. Joonisel 27 ja joonisel 28 on valguslahendus hoone fassaadi jaoks.



Joonis 27. Tootmishoone poolne fassaadi valguslahendus DIALux programmis.



Joonis 28. Büroohoone poolne fassaadi valguslahendus DIALux programmis.

Vastavalt hoone asukohale on valguslahendus tehtud minimalistlik aga samas toob hoone fassaadi ilusti nähtavaks.

5.13 Avariivalgustus

Avariivalgustus on planeeritud mõlemasse tootmisruumi ning koridori. Hädavalgusti on valgusti, mis jätkab teatud aja jooksul valguse andmist ka pingekatkestuse olukorras. Masinatega töötades võimaldab ennast vigastamata hoonest väljuda, säilitades minimaalse valgustiheduse. Tootmisruumidesse ning koridori on valitud ühesugused valgustid. Valgustiks on Northcliffe Corridor S CBLED C330 LER [24]. Lambi võimsus on 3 W ja valgusvoog 360 lm. Igasse ruumi on ettenähtud 1 valgusti.

Külmaruumi, jaheruumi, tootmisruumide ja koridori ukse kohale on paigaldatud evakuatsioonivalgustid, mis märgistavad evakuatsiooniteed. Evakuatsioonitee on näidatud põhiplaanil, mis asub lisas 1. Valgustina on kasutatud Glamox E-20S G2 LED Z/24V AC/DC [25]. Lambi võimsus on 2 W ja valgusvoog 179 lm.

5.14 Hinnakalkulatsioon

Võimalik kulu, millega peaks arvestama antud valgustite paigaldamiseks objektile on toodud tabelis 7. Märkimisväärselt kallimad on ekstreemselt külmaruumi tingimustesse sobivad valgustid.

Tabel 7. Valgustite hinnad

Tootja	Tüüp	Kogus	Hind EUR	Hind kokku EUR
NORTHCLIFFE	Barat LED2x7100 G253 T840 PC/PC OP LT80	9	75	675
ONNLINE	ONNLINE IP44 45W/840 4500lm 1200mm	2	32	64
LEDVANCE	LN INDV D 1500 48W/940	6	68	408
LEDVANCE	O FACADE UPDOWN 12W/3000K GY IP54	8	30	240
NORTHCLIFFE	Corridor S CBLED C330 LER	3	55	165
GLAMOX	E20-S G2 LED Z/24V AC/DC	5	59	295
GLAMOX	MILZ67-1500 LED 7500 HF TW PC	2	374	748
LEIPZIGER LEUCHTEN	ALFONS II FF LED	3	620	1860
PHILIPS	DN145B LED20S/840 PSU II WH	4	46	184
	Kokku käibemaksuta			4639
	Käibemaks			927.8
	Kokku käibemaksuga			5566.8

Selle tabeli põhjal võiks öelda, et esialgne investeering hoone valgustamisele on üsnagi suur, kuid samas on valgustite tööiga pikk.

5.15 Elektervalgustuse energiatarve

Mahlatootmishoone valgustamiseks valitud valgustid on toodud tabelis 8. Valgustite koguvõimsus kokku on 1552,6 W.

Tabel 8. Valguslahenduse koostamiseks valitud valgustid ja võimsused.

Ruum	Tootja	Tootjapoolne nimi	Valgusvoog, lm	Valgusti võimsus, W	Arv, tk.	Kogu võimsus, W
Külmaruum	GLAMOX	MILZ67-1500 LED 7500 HF TW PC 840 M20	7378	54	2	108
Jaheruum, tootmine 1 ja tootmine 2	NORTHCLIFFE	Barat LED2x7100 G253 T840 PC/PC OP LT80	14164	82.4	9	741.6
Koridor	Airam Electric Oy	ONNUNI IP44 45W/840 4500lm 1200mm	4500	45	2	90
Kontor, tööruum	LEDVANCE	LN INDV D 1500 48W/940	4800	48	6	288
Dušširuum, WC, rietusruum	PHILIPS	DN145B LED20S/840 PSU II WH	2100	21	4	84
Tootmine 1, tootmine 2 ja koridor	NORTHCLIFFE	Corridor S CBLED C330 LER	360	3	3	9
Külmaruum, jaheruum, tootmine 1, tootmine 2, koridor	GLAMOX	E20-S G2 LED Z/24V AC/DC	179	2	5	10
Välisüksed	LEIPZIGER LEUCHTEN	ALFONS II FF LED	5883	42	3	126
Fassaad	LEDVANCE	O FACADE UPDOWN 12W/3000K GY IP54	700	12	8	96
			Kokku	309.4	42	1552.6

Vastavalt „Valgustiheduse ja nõudluspõhise valgustuse energiasimulatsiooni juhendile“ on võimalik vastavalt ruumide sihtotstarbele arvutada aastane energiatarbimine [26]. Antud juhendis on toodud asjakohased näited, kuidas arvutada kontorivalgustust. Arvutamisel arvestatakse akende olemasoluga ning sellega, millises ilmakaares aknad asuvad. Eesmärgiks on kasutada maksimaalselt ära aknast tulevat päevavalgust, kombineerides seda tehisvalgusega. Tulemuse saamiseks kasutatakse modelleerimistarkvara Radiance/Daysim.

Antud töös on arvutamisel lähtutud hoone energiatõhususe arvutamise metoodikast [27]. Selle põhjal on leitud elektervalgustuse elektritarbimine. Kuna hoonena on tegemist tootmishoonega, siis arvutustes on kasutatud tööstushoone parameetreid, mis on näidatud tabelis 9.

Tabel 9. Hoone tüüpiline kasutus [27].

Hoone kasutusotstarve	Kasutusae			Kasutusaste	Valgustus aste a W/m ²	Seade W/m ²	Inimene astmel b, W/m ²	Inimene m ² /inim.
	Kellaaeg	h/24h	d/7d					
Tööstushoone	07:00-19:00	12	5	0.55	12	12	4	21.3

Elektervalgustuse energiatarve leitakse valemiga [27]:

$$Q = k * P * \frac{\tau_d}{24} * \frac{\tau_w}{7} * \frac{8760}{1000}$$

kus Q on valgustuse või seadme soojuseraldus kWh/(m²*a);

k – kasutusaste;

P - soojuseraldus W/m²;

τ_d - hoone kasutustundide arv ööpäevas h;

τ_w - hoone kasutuspäevade arv nädalas d;

Seadme ja valgustuse elektritarbimine võrdub energiaarvutustes seadme ja valgustuse soojuseraldusega [27].

Pannes väärtused valemisse on leitud laohoone energiatarbimine:

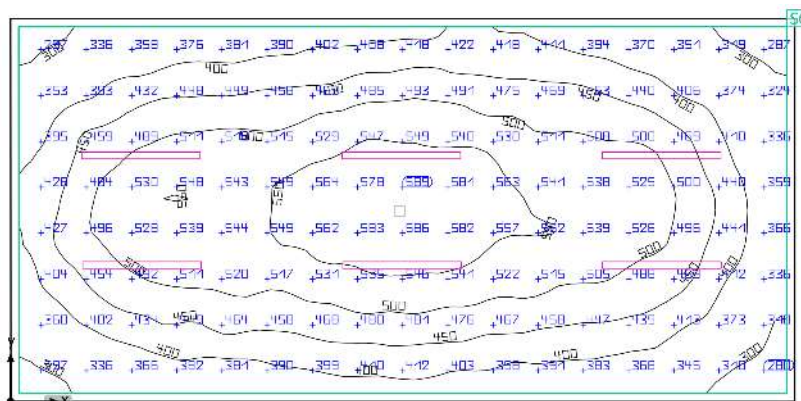
$$Q = 0.55 * 5.5 * \frac{12}{24} * \frac{5}{7} * \frac{8760}{1000} = 9.41 \text{ kWh}/(\text{m}^2 * a)$$

Tulemuseks saame, et mahla tootmishoone erielektervalgustuse energiatarve kokku on 9,41 kWh/(m²*a).

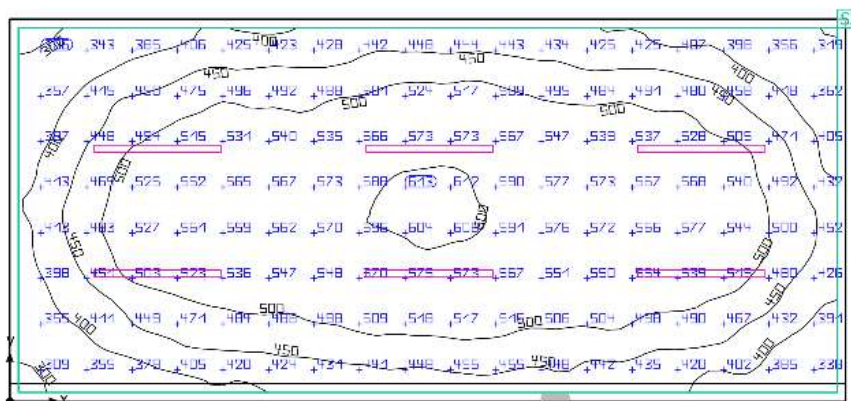
6. TULEMUSED

6.1 Mõõtmistulemused

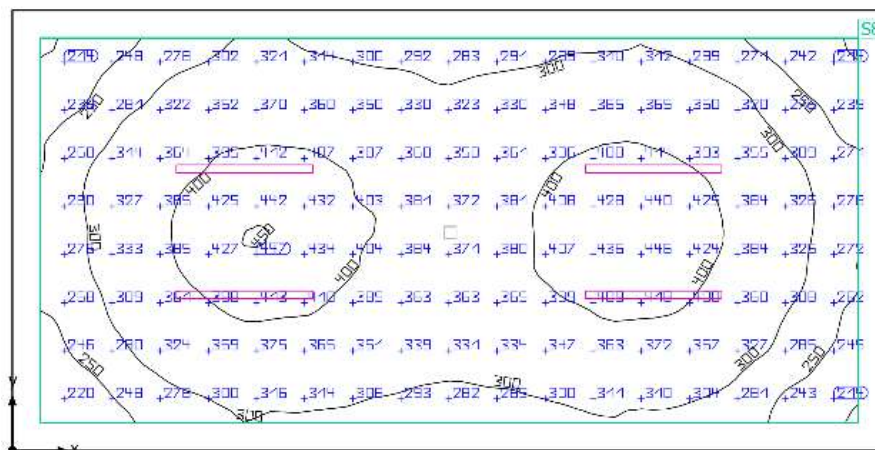
Töö tulemusena on valminud valguslahendus tootmishoonele. Objektile paigaldati jaheruumi ja tootmisruumidesse alternatiivina välja pakutud valgustid. Valgustiks on tööstusvalgusti Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm [17]. Lambi võimsus on 58 W ja valgusvoog 7000 lm. Valgusviljakus on 135 lm/W. Tegemist on veekindla ja ka tolmukindla valgustiga, mis sobib nende ruumide vajadustega. DIALux evo arvutuste põhjal on tootmisruum 1 valgustiheduse keskmine väärtus 453 lx ning see on näidatud joonisel 29. Jaheruumi valgustiheduse keskmine väärtus 485 lx ja sellest annab ülevaate joonis 30. Joonis 31 annab ülevaate tootmisruum 2 valgustihedusest, DIALux arvutuste põhjal on keskmine väärtus 339 lx.



Joonis 29. Tootmisruum 1 valgustiheduse väärtused DIALux programmis.



Joonis 30. Jaheruumi valgustiheduse väärtused DIALux programmis.



Joonis 31. Tootmisruum 2 valgustiheduse väärtused DIALux programmis.

Valgustiheduse väärtuste kontrolliks on teostatud jaheruumis ja tootmisruumides objektil kontrollmõõtmised. Jaheruumi paigaldatud valgustid on näidatud joonisel 32.



Joonis 32. Jaheruumi valgustite paigaldus objektil (foto, erakogu).

Jaheruumi valgustiheduse mõõtmised on teostatud 19.05.2021, tootmisruumis 1 on 20.05.2021 ning tootmisruumis 2 on 24.05.2021. Mõõtmistulemusena on saadud jaheruumi valgustiheduse keskmiseks väärtuseks 650 ± 40 lx, tootmisruum 1 keskmiseks 730 ± 40 lx

ja tootmisruum 2 keskmiseks 550 ± 40 lx. Ruumides teostati mõõtmised kaheksas punktis. Mõõtmistulemustest annab ülevaate tabel 10.

Tabel 10. Mõõtmistulemused jaheruumis ning tootmisruumides.

Punkti nr.	Tasand, m	Valgusti tüüp	Valgusti	Mõõtmistulemus, lx
Jaheruum				
1	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	668
2	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	663
3	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	574
4	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	603
5	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	645
6	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	613
7	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	675
8	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	735
			Keskmine, lx	647
			B tüüpi määramatus +/- , lx	39
Tootmisruum 1				
1	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	740
2	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	772
3	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	692

Punkti nr.	Tasand, m	Valgusti tüüp	Valgusti	Mõõtmistulemus, lx
4	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	750
5	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	774
6	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	750
7	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	769
8	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	615
			Keskmine, lx	733
			B tüüpi määramatus +/- , lx	44
Tootmisruum 2				
1	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	462
2	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	635
3	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	624
4	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	415
5	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	395
6	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	554
7	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	641
8	0.8	LED	Takton IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm	635
			Keskmine, lx	545
			B tüüpi määramatus +/- , lx	32

Joonisel 33 on näidatud mõõtmistulemus ühes mõõdetavas punktis.



Joonis 33. Jaheruumi valgustiheduse mõõtmine (foto, erakogu) ja mõõtmiseks kasutatud luksmeeter.

Mõõtmised on teostatud luksmeetriga PeakTech 5086, mis on näidatud joonisel 33. Mõõteseadme täpsusklass on $\pm 3\%$ (kalibreeritud 2856k hõõglampiga), $\pm 6\%$ (muud valgusallikad).

Teiste ruumide valgustiheduse mõõtmisi pole võimalik veel teostada, kuna nende ehitamine alles käib.

Hetkel kogutud teadmiste põhjal on objektile planeeritud seadmete võimsused näidatud tabelis 11.

Tabel 11. Mahlatootmisettevõtte seadmete võimsused kokku.

Seadmed	Võimsus, kW
Mahla tootmiseseadmed	10.52
Ventilatsioon	0.34
Küte	0.08
Jahutus	26.80
Valgustus	1.60
Kokku	39.34

Kuna hoone on alles ehitamisel, siis lõplik seadmete vajadus selgub peale hoone valmimist.

6.2 Arengusuunad

Teemad, millele tuleks tulevikus mõelda ja lähemalt uurida:

1. Jahutussüsteemi jääksoojuse suunamine küttesse.

Külmaruumi jahutamisel tekib jääksoojus, siis selle võiks omakorda taaskasutada. Uurida erinevaid võimalusi selle taaskasutamiseks.

2. Roheline energia ehk päikesepaneelid.

Päikesepaneelid on lihtsaim ja parim viis hakata tootma ise 100% puhast energiat, samas hoida kokku elektrikuludelt. Ülejäänud elektrienergia saab võrku tagasi müüa.

KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli luua valguslahendus mahlatootmisettevõttele ja tuua välja väikeettevõtte energiakasutuse eripärad.

Töö käigus on koostatud valguslahendus väikeettevõtte mahlatootmishoonele. Töös on antud ülevaade seadustest, standarditest ning määrustest, millest tuleb lähtuda, kui hakata koostama valguslahendust toiduainetööstuse valdkonda kuuluvale hoonele. Peamine, mida jälgima peab on see, et oleks võimalik tagada puhtus. Ühtlasi peavad seadmed olema puhastatavad ning korrosioonikindlad. Ruumide lakke ei tohi paigaldada lihtsalt lampe, vaid tuleb paigaldada kaetud valgustid. See on vajalik, sest kui lamp peaks purunema, siis ei saa lambi killud toidu sisse kukkuda. Valgustite valikul on arvestatud ruumide sihtotstarbega, nõutud valgustiheduse väärtustega ning keskkonnaga. Keskkonna osas oli eripäraks erakordselt külm ruum ja niisked ruumid. Valitud on võimalikult energiaefektiivsed valgustid.

Enne valguslahenduse koostamist on põhjalikult tutvutud projekteeritava hoonega ja ruumide sihtotstarbega. Omanikuga on kooskõlastatud seadmete paiknemine ruumis. Töö käigus on antud ülevaade projekteerimisjärgus olevast kütelahendusest, ventilatsioonisüsteemist ning jahutusseadmetest.

Parema ülevaate saamiseks on objekti jaoks elektriinseneri abil koostatud elektervalgustuse toiteskeem.

Objektil on teostatud valmishitatud ruumides valgustiheduse mõõtmised ning võrreldud neid DIALux evo programmis teostatud arvutustega.

Kokkuvõttes on töö autor oma tehtud tööga rahul. Koostamisel on tutvutud erinevate kirjandusallikatega ning omandatud esmased oskused kasutamaks DIALux evo programmi. Lisaks on omandatud praktilised teadmised luksmeetri kasutamise kohta. Autor on avardanud oma silmaringi toiduainete tootmise osas.

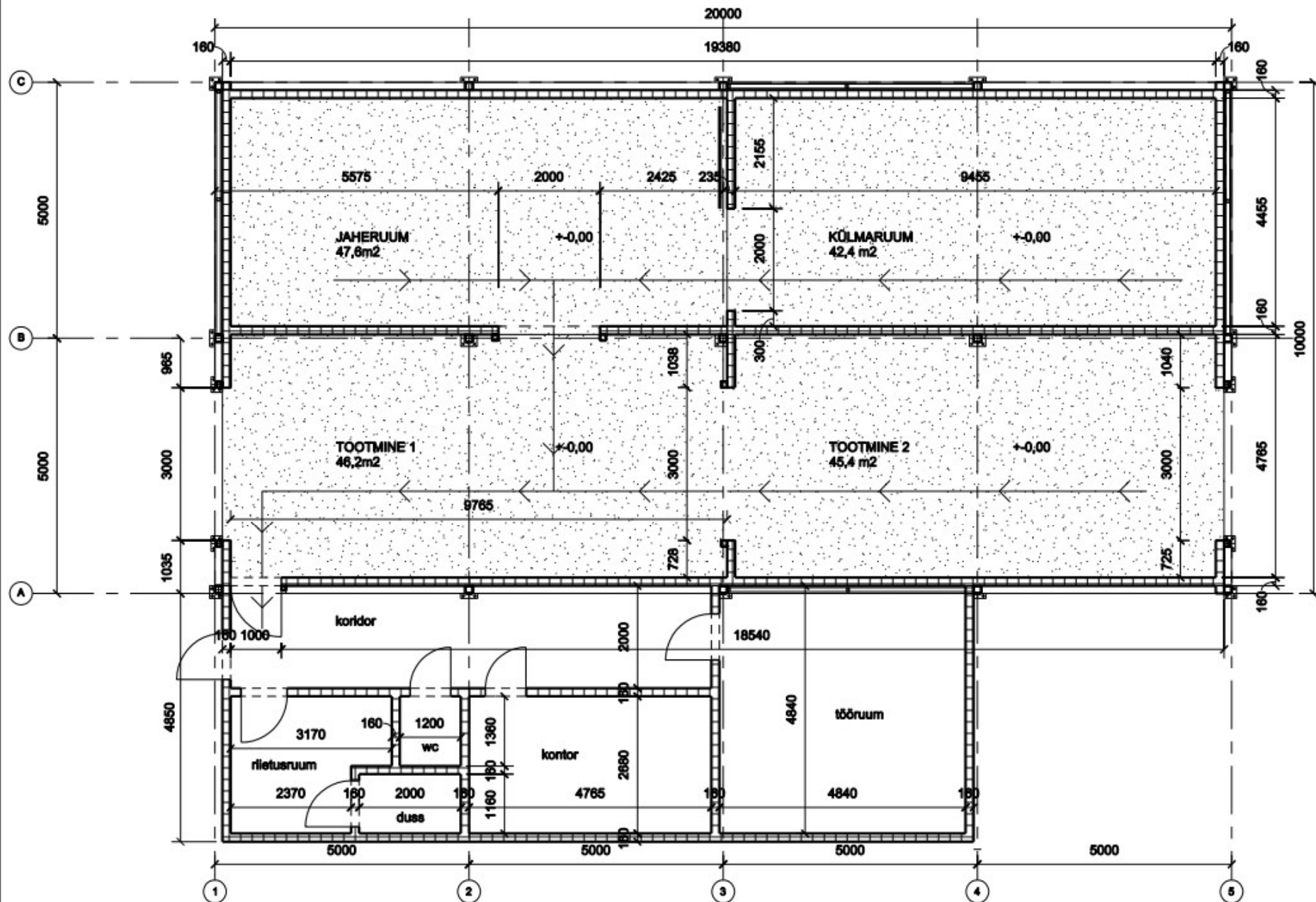
KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Tamm, T.** (2011) Praktiline valgustehnika: Elektripaigaldised teaberaamat 13. Tallinn: Printon trükikoda AS. 248 lk.
2. Euroopa parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 582/2004 toiduainete hügieeni kohta (vastu võetud 29.04.2004). – Euroopa Liidu Teataja EUR-Lex - 32004R0852R(02) - EN - EUR-Lex (europa.eu) (09.05.2021).
3. Eesti Põllumajandus-kaubanduskoda. (s.a.). Hea hügieenitava juhend puu- ja köögivilja töötlejale. [veebileht] Hea hügieeni tava puu- ja köögivilja töötlejale (epkk.ee) (09.05.2021).
4. Toiduhügieen. (s.s.). Enesekontrolliplaan. [veebileht] <https://www.toiduhygieen.ee/teenus/enesekontrolliplaan/> (09.05.2021).
5. Valgus ja valgustus. (2011). Töökohavalgustus. Osa 1: Sisetöökohad: Eesti standard EVS-EN 12464-1:2011. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-en-12464-1-2011> (09.05.2021).
6. Valgus ja valgustus. (2018). Valgustussüsteemide projekteerimisprotsess: Eesti standard CEN/TS 17165:2018. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] CEN/TS 17165:2018 - Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus (evs.ee) (09.05.2021).
7. Evakuatsiooni hädavalgustussüsteemid (2005): Eesti standard EVS-EN 50172:2005. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] EVS-EN 50172:2005 - Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus (09.05.2021).
8. Valgus ja valgustus. (2014). Töökohavalgustus. Osa 2: Välistöökohad: Eesti standard EVS-EN 12464-2:2014. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-en-12464-2-2014> (09.05.2021).
9. Ümbristega tagatavad kaitseastmed (IP KOOD). (2014). Eesti standard EVS-EN 60529:2001+A2:2014. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-en-60529-2001+a2-2014> (09.05.2021).
10. Eesti Maaülikool. (s.a.). [veebileht] <https://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/4509> (16.05.2021)
11. A.Le Coq. (s.a.). Mahla valmistamise tehnoloogia. [veebileht] MAHLA VALMISTAMISE TEHNOLOOGIA - A. Le Coq (alecoq.ee) (09.05.2021).
12. Voran maschinen. (s.a.). [veebileht] <https://www.voran.at/en/machinery/> (09.05.2021)
13. EPO ehitus. (s.a.). Kemikaale taluvad põrandakatted. [veebileht] <https://www.epoporand.eu/tooted-ja-teenused/kemikaale-taluvad-porandakatted/> (09.05.2021).

14. DEVI. (s.a.). Külmkambri kaitse tootekaart [veebileht] <https://devi.danfoss.com/estonia/kasutusosalad/k%C3%BClmkambri-kaitse/> (09.05.2021).
15. Soojuskeskus. (s.a.). Ventilatsioonisüsteemide paigaldus [veebileht] <https://www.soojuskeskus.ee/teenused/ventilatsiooni-paigaldus/> (13.05.2021).
16. Northcliffe. (s.a.) Barat LED2x7100 G253 T840 PC/PC OP LT80. [veebileht] [Barat LED2x7100 G253 T840 PC/PC OP LT80 \(northcliffe.org\)](http://northcliffe.org) (09.05.2021).
17. Takton OÜ. (s.a.). DCW097. [veebileht] [DCW097 – TAKTON OÜ](http://takton.eu) (09.05.2021).
18. Glamox. (s.a.). MILZ67-1500 LED 7500 HF TW PC 840 M20. [veebileht] <https://glamox.com/ee/products/MIL-LED/items/mil085929#c65d2413> (09.05.2021)
19. Onninen. (s.a.). UNIVERSAALVALGUSTI ONNLINE IP44 45W/840 4500lm 1200mm. [veebileht] [ONNLINE UNIVERSAALVALGUSTI ONNLINE IP44 45W/840 4500lm 1200mm | Onninen](http://onninen.fi) (09.05.2021).
20. Philips. (s.a.). DN145B LED20S/840 PSU II WH. [veebileht] [DN145B LED20S/840 PSU II WH CoreLine SlimDownlight - Philips](http://philips.com) (09.05.2021).
21. Ledvance. (s.a.). LN INDV D 1500 25W/940. [veebileht] <https://www.ledvance.com/professional/products/luminaires/professional-luminaires/suspended-and-surface-mounted-luminaires/linear-indiviledr-direct/linear-indiviledr-direct-c8711> (09.05.2021)
22. Leipziger leuchten. (s.a.). ALFONS II FF LED. [veebileht] <https://www.leipziger-leuchten.com/detailsseite/kategorie/technische-leuchten/items/alfons-ii-ff-led.html> (09.05.2021)
23. Onninen. (s.a.). Välisvalgusti O Facade updown 12W/3000K GY IP54. [veebileht] [LEDVANCE VÄLISVALGUSTI O FACADE UPDOWN 12W/3000K GY IP54 | Onninen](http://onninen.fi) (09.05.2021)
24. Northcliffe. (s.a.). Corridor S CBLED C330 LER. [veebileht] [Corridor S CBLED C330 LER \(northcliffe.org\)](http://northcliffe.org) (09.05.2021)
25. Glamox. (s.a.). E20-S G2 LED Z/24V AC/DC. [veebileht] [E20160902 - Glamox](http://glamox.com) (09.05.2021)
26. Kredex. (s.a.). Valgustiheduse ja nõudluspõhise valgustuse energiasimulatsiooni juhend. [veebileht] https://kredex.ee/sites/default/files/2019-03/Valgustustiheduse_ja_noudluspohise_valgustuse_energiasimulatsiooni_juhend.pdf
27. Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika¹ määrus. (vastu võetud 05.06.2015, muudetud , viimati jõustunud 10.07.2020). – Riigi Teataja <https://www.riigiteataja.ee/akt/119012018007?leiaKehtiv> (11.05.2021)

LISAD

LISA 1. Mahlatootmishoone põhiplaan



→ EVAKUATSIOONIPÄÄS



Vastutav spetsialist
Projektsuunaja

Objekti nimi
Tallinn

Objekti asukoht
Õunase, Raola küla, Kambja
vald, Tartumaa

V. Aedmaa
J. Kuld

MAHLATOOTMISHOONE
TIIGINÕLVA TALU OÜ

JOONIS
PÕHIPLAAN

Mööbikava 1 : 75

ERIALA
K

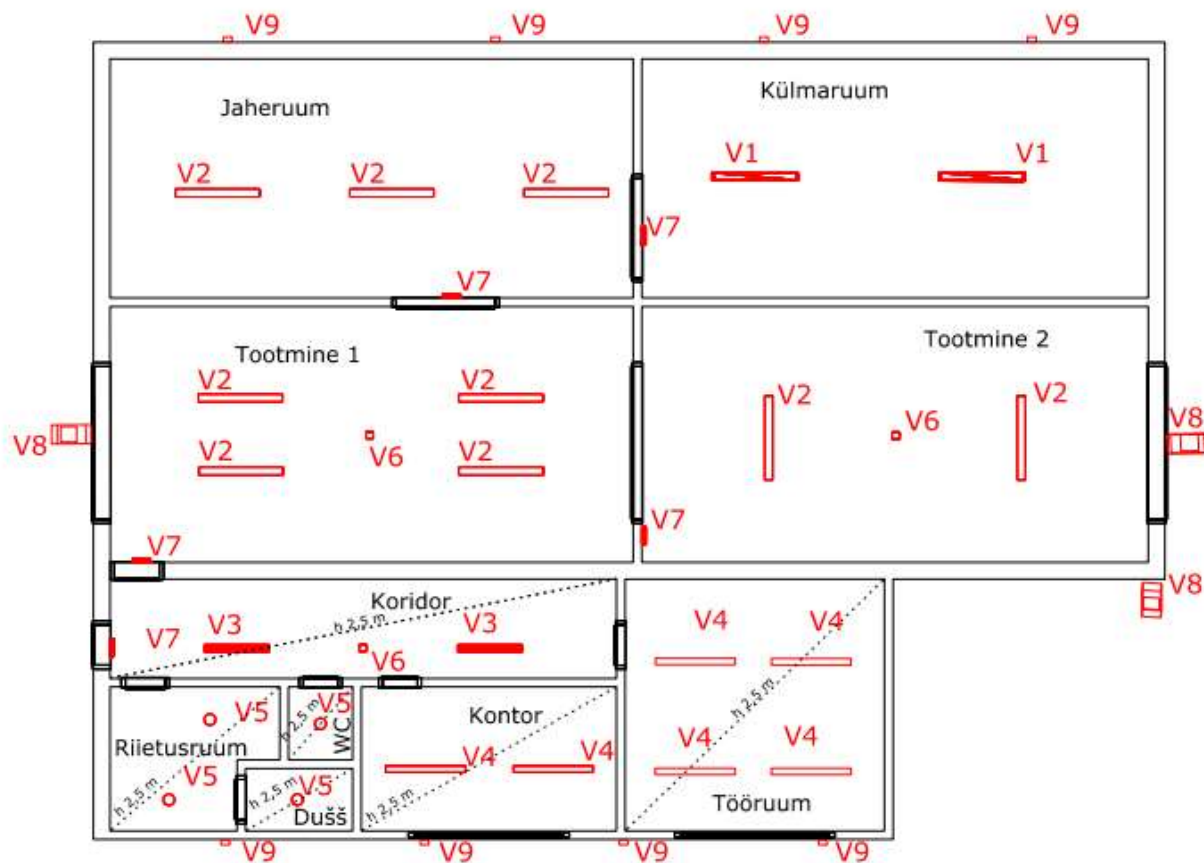
Kauplev 06.11.2020

STADIUM
PP

JOONISE NR.
A-2

Töö nr
J/07/20

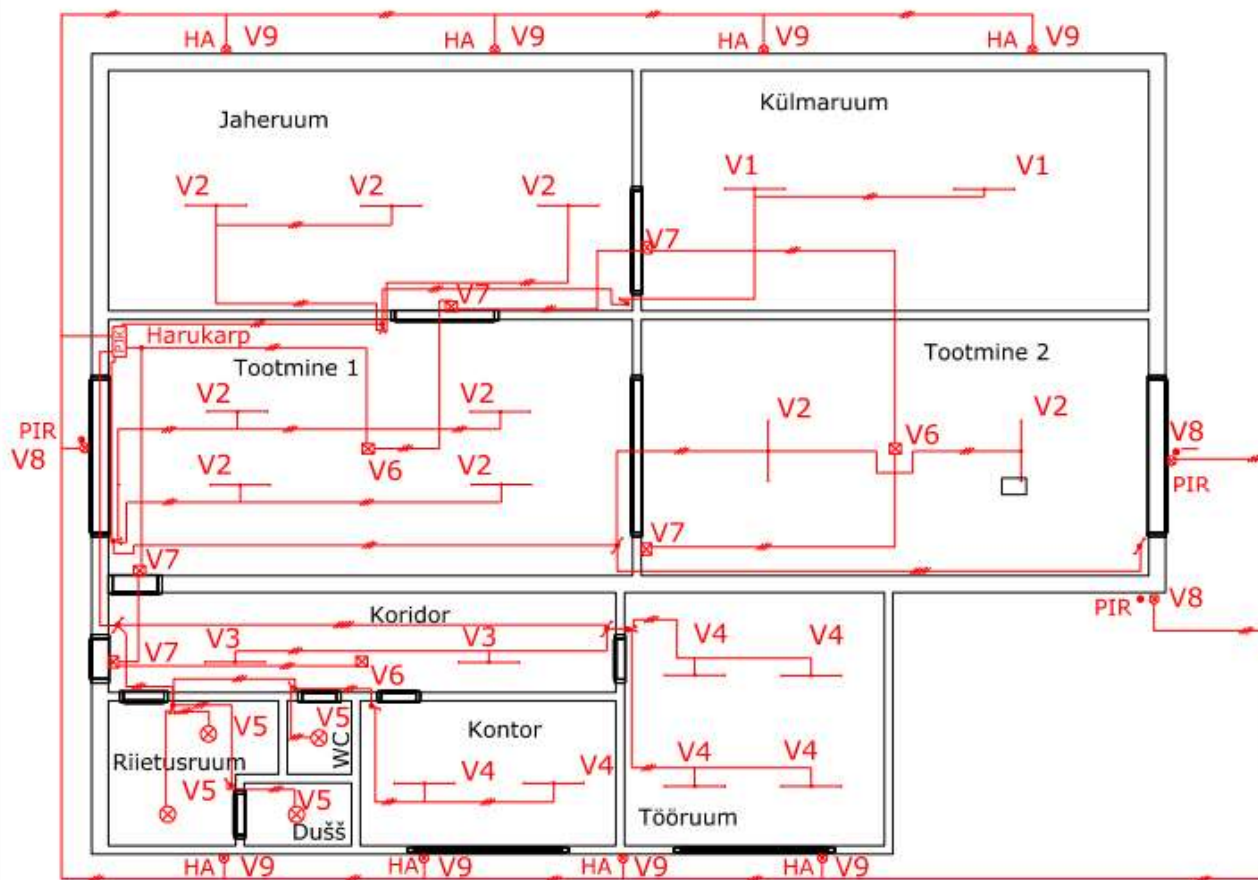
LISA 2. Valgustite asendiplaan



Valgustite loend (Hoone)						
Indeks	Tootja	Artikli nimi	Varustatus	Valgusvoog	Ühenduse võimsus	Arv
V1	Glamox	MIL267-1500 LED 7500 840	1x LED MIX 7500 840	7378 lm	54 W	2
V2	NORTHCLIFFE	Berat LED2x7100 G253 T840 PCPC OP LT80	1x LED2x7100	14164 lm	82,4 W	9
V3	Airam Electric Oy	4310383 ONNUNI IP44 45W/840 VA	1x LED-luminaire	4486 lm	44,4 W	2
V4	LEDVANCE GmbH	LN INDV D 1500 48W/940	1x LED 4000K / CRI >= 90	4800 lm	48 W	6
V5	PHILIPS	DN1458 PSU D218 LED20S/840 NO	1x LED20S/840	2100 lm	21 W	4
V6	NORTHCLIFFE	Corridor S CBLED C330 LER	1x LED	360 lm	3 W	3
V7	Glamox	E20-S G2 EXIT SINGLE	1x LED E20-S G2	10 lm	2 W	5
V8	LEIPZIGER LEUCHTEN	ALFONS II FF LED (1-armig)	1x FF LED III-X 37W/6.300lm/4.000K/Gen.4	5883 lm	42 W	3
V9	LEDVANCE GmbH	0 Facade Updown 12W/3000K GY IP54	1x LED / CRI >= 80	700 lm	12 W	8

Tellija		Objekt, seade		
EESTI MAAÜLIKOOL		Mahlja tootmishoone		
Teostas	Karin Proovel	Nimetus:		
Kontrollis	Andres Annuk	Valgustite asendiplaan		
Kinnitas				
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences		Leht:	Tähis:	Leht:
		1	EK 21/180506 2 01 P	1:100

LISA 3. Elektervalgustuse skeem



- / Pinnapeale veksellüliti
- Pinnapeale lihtüliti
- V1, V2, V3, V4 valgustid
- ⊗ V6, V7 valgustid
- ⊗ V5 valgustid
- Liikumisandur
- V8, V9 - Seinalvalgusti
- HA Lülitus hämaraanduriga
- PIR Lülitus liikumisanduriga

Tellija		Objekt, seade	
EESTI MAAÜLIKOOL		Mahlä tootmishoone	
Teostas	Karin Proovel	Nimetus:	
Kontrollis	Andres Annuk		
Kinnitas			
 Eesti Maaülikool Estonian University of Life Sciences		Leht:	Tähis:
		1	EK 21/180506 4 01 S

Elektervalgustuse skeem

LISA 4. Töös kasutatud valgustite spetsifikatsioonid

Valgusti tootja: NORTHCLIFFE

Valgusti tüüp: Barat LED2x7100 G253 T840 PC/PC OP LT80

Võimsus, W: 82.4W

Valgusvoog, lm: 14164 lm

Valgusviljakus, lm/W: 172 lm/W

Kaitseklass: IP66

Mehaaniline löögikindlus: IK10

Tööpinge, V: 220-240V

Värvusedastusindeks CRI: 80+

Värvustemperatuur, K: 4000K

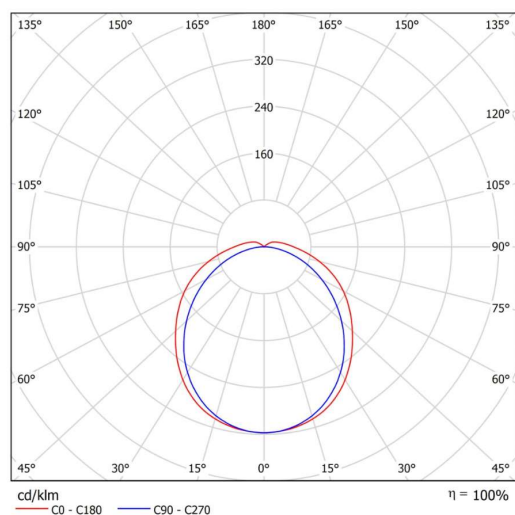
Tehnoloogia: LED

Temperatuur, °C: -20 kuni +35 °C

Kinnitus: Laes või seinal (kinnitusklambrid kaasas) või riputatud (konksud kaasas)

Tootja kataloog: [Barat LED2x7100 G253 T840 PC/PC OP LT80 \(northcliffe.org\)](http://northcliffe.org)

Valgusti valgusjaotuskõver ning valgusti foto.



Antud valgusti on planeeritud jaheruumi ning mõlemasse tootmisruumi paigaldamiseks.

Valgusti tootja: GLAMOX

Valgusti tüüp: MILZ67-1500 LED 7500 HF TW PC 840 M20

Võimsus, W: 54W

Valgusvoog, lm: 7378 lm

Valgusviljakus, lm/W: 137 lm/W

Kaitseklass: IP66

Mehaaniline löögikindlus: IK10

Tööpinge, V: 220-240V

Värvusedastusindeks CRI: 80 +

Värvustemperatuur, K: 4000K

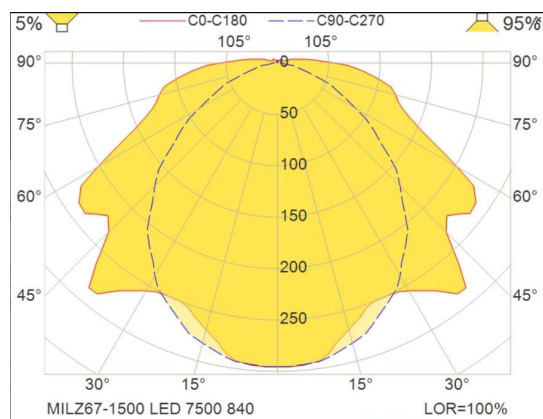
Tehnoloogia: LED

Temperatuur, °C: -40 kuni +55 °C

Kinnitus: Lakke

Tootja kataloog: <https://glamox.com/ee/products/MIL-LED/items/mil085929#c65d2413>

Valgusti valgusjaotuskõver ning valgusti foto.



Antud valgusti on planeeritud külmaruumi paigaldamiseks.

Valgusti tootja: ONNLINE

Valgusti tüüp: ONNLINE IP44 45W/840 4500lm 1200mm

Võimsus, W: 45W

Valgusvoog, lm: 4500 lm

Valgusviljakus, lm/W: 100 lm/W

Kaitseklass: IP44

Mehaaniline löögikindlus: IK08

Tööpinge, V: 220-240V

Värvusedastusindeks CRI: 80-89

Värvustemperatuur, K: 4000K

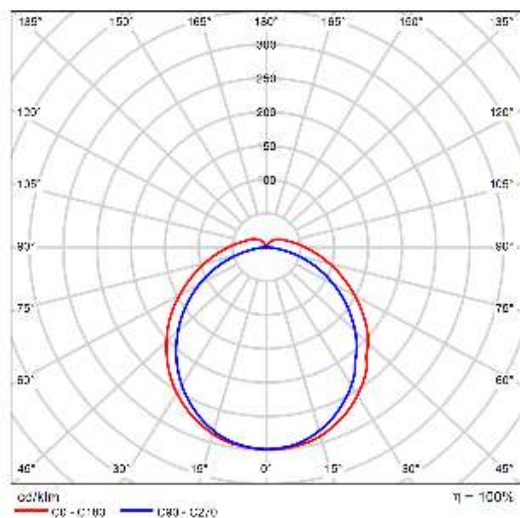
Tehnoloogia: LED

Temperatuur, °C: 0 kuni +25 °C

Kinnitus: Lakke, pinnapealne ja seina

Tootja kataloog: [ONNLINE UNIVERSAALVALGUSTI ONNLINE IP44 45W/840 4500lm 1200mm | Onninen](#)

Valgusti valgusjaotuskõver ning valgusti foto.



Antud valgusti on planeeritud koridori paigaldamiseks.

Valgusti tootja: PHILIPS

Valgusti tüüp: DN145B LED20S/840 PSU II WH

Võimsus, W: 21 W

Valgusvoog, lm: 2100 lm

Valgusviljakus, lm/W: 100 lm/W

Kaitseklass: IP44

Mehaaniline löögikindlus: IK02

Tööpinge, V: 220-240 V

Värvusedastusindeks CRI: 80+

Värvustemperatuur, K: 4000 K

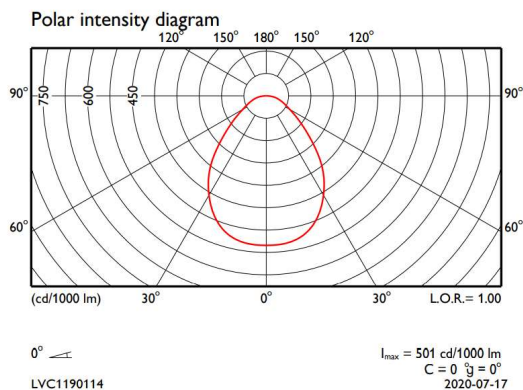
Tehnoloogia: LED

Temperatuur, °C: 0 kuni +35 °C

Kinnitus: Lakke

Tootja kataloog: [DN145B LED20S/840 PSU II WH CoreLine SlimDownlight - Philips](#)

Valgusti valgusjaotuskõver ning valgusti foto.



Antud valgusti on planeeritud rietusruumi, dušširuumi ja WC-sse paigaldamiseks.

Valgusti tootja: TAKTON

Valgusti tüüp: IP66 DCW097-150 LED070 58W 7000lm

Võimsus, W: 58 W

Valgusvoog, lm: 7000 lm

Valgusviljakus, lm/W: 135 lm/W

Kaitseklass: IP66

Mehaaniline löögikindlus: IK05

Tööpinge, V: 220-240 V

Värvusedastusindeks CRI: 80+

Värvustemperatuur, K: 4000 K

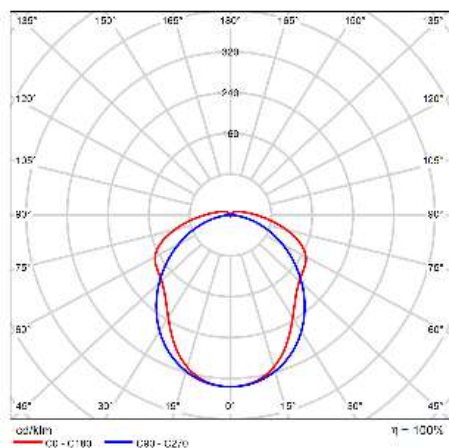
Tehnoloogia: LED

Temperatuur, °C: -20 kuni +35 °C

Kinnitus: Lakke

Tootja kataloog: [DCW097 – TAKTON OÜ](#)

Valgusti valgusjaotuskõver ning valgusti foto.



Antud valgusti on planeeritud alternatiiv valgustina tootmisruumide ja jaheruumi valgustamiseks.

Valgusti tootja: LEDVANCE

Valgusti tüüp: LN INDV D 1500 48W/940

Võimsus, W: 48 W

Valgusvoog, lm: 4800 lm

Valgusviljakus, lm/W: 100 lm/W

Kaitseklass: IP20

Mehaaniline löögikindlus: IK06

Tööpinge, V: 220-240 V

Värvusedastusindeks CRI: 80-89

Värvustemperatuur, K: 4000 K

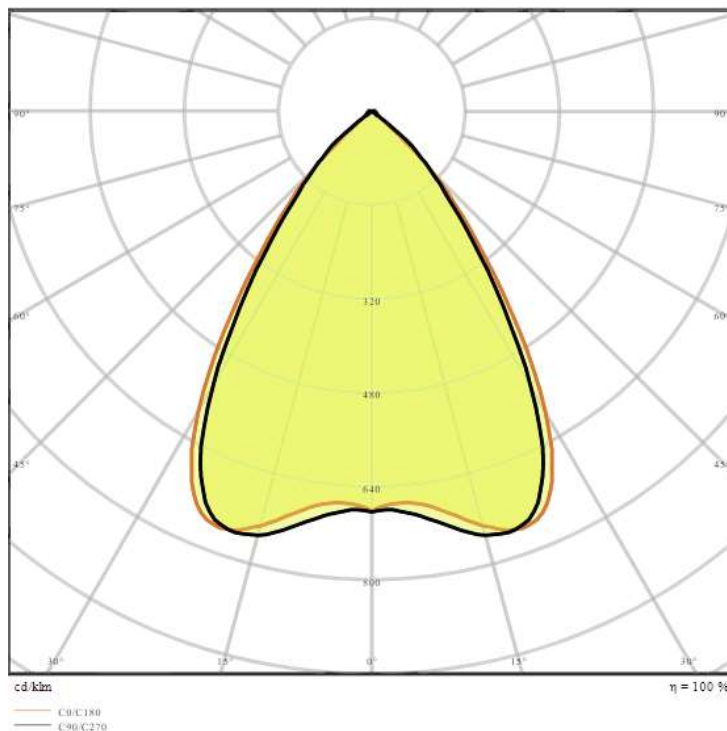
Tehnoloogia: LED

Temperatuur, °C: -20 kuni +45 °C

Kinnitus: Lakke, pinnapealseks või rippuvalt paigalduseks

Tootja kataloog: <https://www.ledvance.com/professional/products/luminaires/professional-luminaires/suspended-and-surface-mounted-luminaires/linear-indiviledr-direct/linear-indiviledr-direct-c8711>

Valgusti valgusjaotuskõver ning valgusti foto.



Antud valgusti on planeeritud kontori ja tööruumi valgustamiseks.

Valgusti tootja: LEDVANCE

Valgusti tüüp: O FACADE UPDOWN 12W/3000K GY IP54

Võimsus, W: 12 W

Valgusvoog, lm: 700 lm

Valgusviljakus, lm/W: 120 lm/W

Kaitseklass: IP54

Mehaaniline löögikindlus: IK06

Tööpinge, V: 220-240 V

Värvusedastusindeks CRI: 80-89

Värvustemperatuur, K: 3000 K

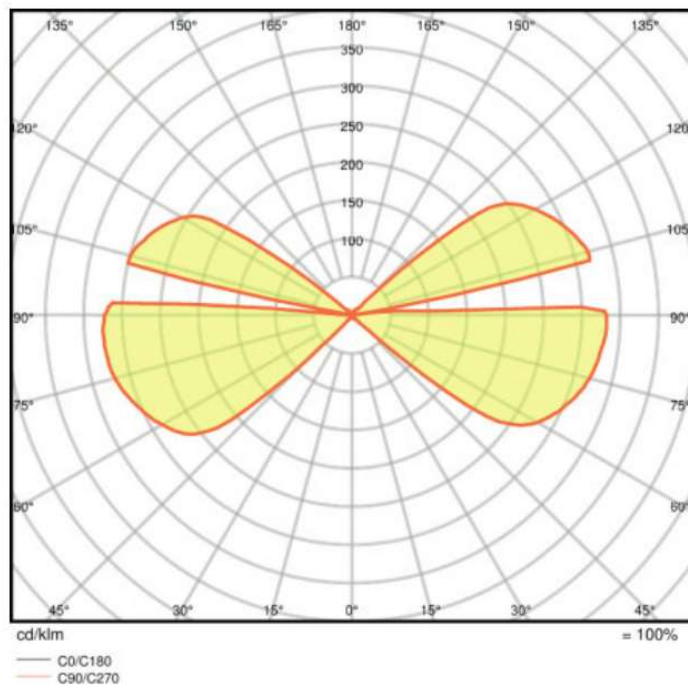
Tehnoloogia: LED

Temperatuur, °C: -20 kuni -40 °C

Kinnitus: seinale ja pinnapealseks paigalduseks

Tootja kataloog: [LEDVANCE VÄLISVALGUSTI O FACADE UPDOWN 12W/3000K GY IP54 | Onninen](#)

Valgusti valgusjaotuskõver ning valgusti foto.



Antud valgusti on planeeritud hoone fassaadi valgustamiseks.

Valgusti tootja: LEIPZIGER LEUCHTEN

Valgusti tüüp: ALFONS II FF LED

Võimsus, W: 42 W

Valgusvoog, lm: 5883 lm

Valgusviljakus, lm/W: 140.1 lm/W

Kaitseklass: IP66

Mehaaniline löögikindlus: IK10

Tööpinge, V: 220-240 V

Värvusedastusindeks CRI: 70

Värvustemperatuur, K: 4000 K

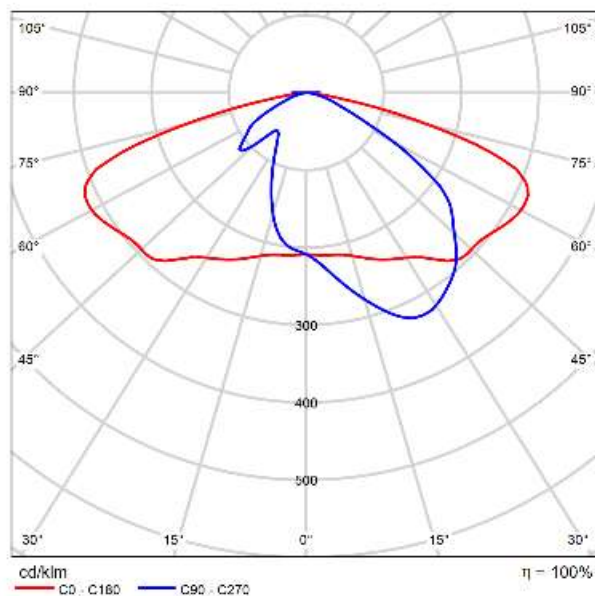
Tehnoloogia: LED

Temperatuur, °C: -20 kuni -40 °C

Kinnitus: seinale ja postile

Tootja kataloog: <https://www.leipziger-leuchten.com/detailsseite/kategorie/technische-leuchten/items/alfons-ii-ff-led.html>

Valgusti valgusjaotuskõver ning valgusti foto.



Antud valgusti on planeeritud hoone uste valgustamiseks.

Valgusti tootja: GLAMOX

Valgusti tüüp: E20-S G2 LED Z/24V AC/DC

Võimsus, W: 2 W

Valgusvoog, lm: 179 lm

Valgusviljakus, lm/W: 90 lm/W

Kaitseklass: IP65

Mehaaniline löögikindlus: IK06

Tööpinge, V: 24 V

Värvusedastusindeks CRI:

Värvustemperatuur, K:

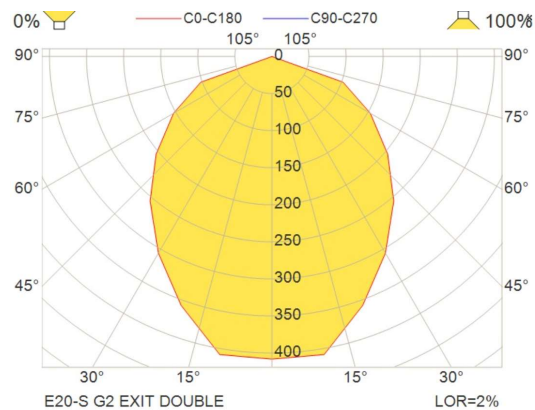
Tehnoloogia: LED

Temperatuur, °C: -20 kuni +30 °C

Kinnitus: seinale paigalduseks

Tootja kataloog: [E20160902 - Glamox](#)

Valgusti valgusjaotuskõver ning valgusti foto.



Antud valgusti on planeeritud evakuatsiooni teede valgustamiseks.

Valgusti tootja: NORTHCLIFFE

Valgusti tüüp: Corridor S CBLED C330 LER

Võimsus, W: 3 W

Valgusvoog, lm: 360 lm

Valgusviljakus, lm/W:

Kaitseklass: IP41

Mehaaniline löögikindlus: IK07

Tööpinge, V: 220-240 V

Värvusedastusindeks CRI: 80+

Värvustemperatuur, K: 6500 K

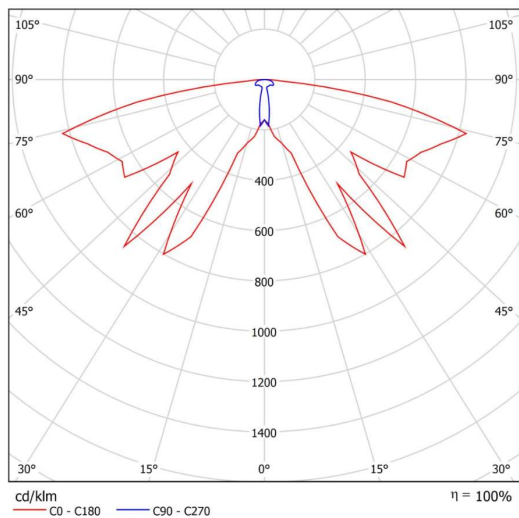
Tehnoloogia: LED

Temperatuur, °C: -25 kuni +50 °C

Kinnitus: Lakke, seinale

Tootja kataloog: [Corridor S CBLED C330 LER \(northcliffe.org\)](http://northcliffe.org)

Valgusti valgusjaotuskõver ning valgusti foto.



Antud valgusti on planeeritud hädavalgustina tootmisruumide ja koridori valgustamiseks.

LISA 5. Lihtlitsents

Mina, Karin Proovel,

(autori nimi)

sünniaeg 02.11.1979,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö
Energiakasutuse eripärad väikese mahla tootmisettevõtte elektervalgustuse näitel,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja(d) on Jaak Jõgi ja Andres Annuk,

(juhendaja(te) nimi)

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
 - 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
 - 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
- kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
 3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor Karin Proovel

(allkirjastatud digitaalselt)

Tartu, _____

(kuupäev)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Jaak Jõgi

(juhendaja nimi ja allkirjastatud digitaalselt)

(kuupäev)

Andres Annuk

(juhendaja nimi ja allkirjastatud digitaalselt)

(kuupäev)